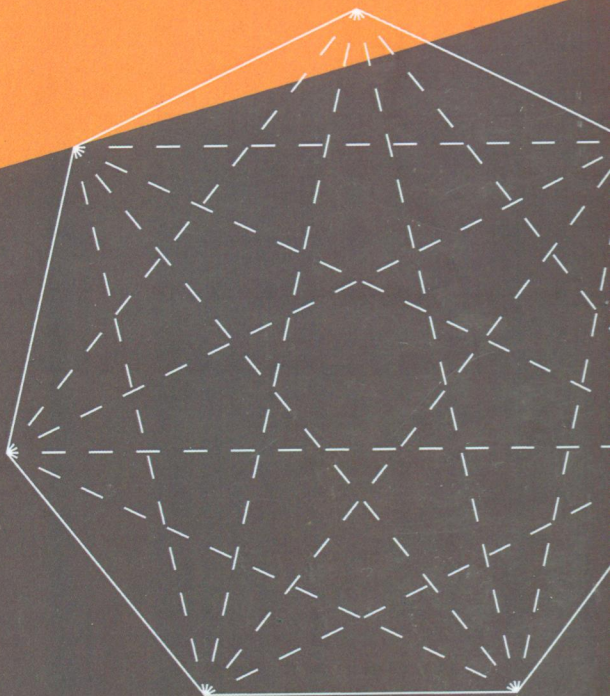

Filosofía e Historia de la Ciencia en el Cono Sur

Selección de trabajos del
IX Encuentro y las XXV Jornadas de
Epistemología e Historia de la Ciencia

Editores

—

José V. Ahumada
A. Nicolás Venturelli
Silvio Seno Chibeni



Filosofía e Historia de la Ciencia en el Cono Sur

Filosofía e Historia de la Ciencia en el Cono Sur

Selección de trabajos del IX Encuentro y las XXV Jornadas
de Epistemología e Historia de la Ciencia

José V. Ahumada
A. Nicolás Venturelli
Silvio Seno Chibeni

Editores

Asociación de Filosofía e Historia de la Ciencia del Cono Sur,
Área Lógico–Epistemológica de la Escuela de Filosofía y
Centro de Investigaciones de la Facultad de Filosofía y Humanidades
Universidad Nacional de Córdoba

Ahumada, José – Venturelli, Nicolás – Chibeni, Silvio Seno (Editores)
Filosofía e Historia de la Ciencia en el Cono Sur. Selección de trabajos del IX Encuentro
y las XXV Jornadas de Epistemología e Historia de la Ciencia.

Edición técnica: Natalia Rojo
Diseño de tapa: Manuela Eguía

Ahumada, José

Filosofía e historia de la ciencia en el Cono Sur : selección Selección de trabajos del IX
Encuentro y las XXV Jornadas de Epistemología e Historia de la Ciencia / José Ahumada;
Nicolás Venturelli; Silvio Seno Chibeni; compilado por José Ahumada; Nicolás Venturelli;
Silvio Seno Chibeni; editado por José Ahumada; Nicolás Venturelli; Silvio Seno Chibeni.-
1a ed . - Córdoba : Editorial de la UNC, 2015.

716 p. ; 21 x 17 cm.

ISBN 978-987-707-026-2

1. Filosofía de la Ciencia. 2. Historia. 3. Epistemología. I. Ahumada, José, comp. II.
Venturelli, Nicolás, comp. III. Seno Chibeni, Silvio, comp. IV. Ahumada, José, ed. V.
Venturelli, Nicolás, ed. Seno Chibeni, Silvio, ed. VI.

CDD 501

Correo electrónico:
ejorn@ffyh.unc.edu.ar
secretaria.ejecutiva.afhic@gmail.com

Internet: <http://www.ffyh.unc.edu.ar/ejorn/>
<http://www.afhic.com/>

Prólogo

Nos complace presentar el quinto volumen de la serie *Filosofía e Historia de la Ciencia en el Cono Sur*, que contiene una selección de los trabajos expuestos en el *IX Encuentro de Filosofía e Historia de la Ciencia del Cono Sur* y las *XXV Jornadas de Epistemología e Historia de la Ciencia*, evento realizado en Los Cocos (Córdoba), Argentina, del 15 al 19 de septiembre de 2014. Este volumen es el resultado de la colaboración entre miembros de la Asociación de Filosofía e Historia de la Ciencia del Cono Sur (AFHIC), organizadora del IX Encuentro de Filosofía e Historia de la Ciencia del Cono Sur, por la que participan aquí dos editores, y el Comité Organizador de las Jornadas de Epistemología e Historia de la Ciencia, por el que participa un editor.

Queremos destacar esta publicación como un testimonio del valor que tiene la continuidad y el fortalecimiento de un espacio para la reflexión filosófica en torno de la ciencia en los países del Cono Sur. Este reconocimiento tiene un sentido especial de cara a los veinticinco años continuados en la tradición de las *Jornadas de Epistemología e Historia de la Ciencia*, conmemorados en el año 2014, y al rol que han tenido en el desarrollo de este espacio. La realización conjunta de las Jornadas con la novena edición de los Encuentros AFHIC fue una verdadera celebración de la filosofía y la historia de la ciencia en el sector. Este volumen ofrece en este sentido una muestra representativa de la evolución de estas disciplinas en el conjunto de las comunidades latinoamericanas involucradas. El evento, que contó con la participación de más de 245 autores, mostró la vigencia de diferentes tradiciones epistemológicas e historiográficas y de temáticas muy diversas, entre las que es notable un crecimiento de las filosofías e historias especiales de la ciencia (la lista completa de las ponencias puede consultarse en <http://conferencias.unc.edu.ar/index.php/afjor/AfhicIX/schedConf/presentations>).

Para la evaluación y publicación de los trabajos comprendidos en este volumen se tuvo especialmente en cuenta que fueran contribuciones originales. El proceso de evaluación al que fueron sometidos fue el siguiente. Los trabajos recibidos fueron enviados a dos evaluadores anónimos con atención a las temáticas específicas tratadas. Aquellos que recibieron dictámenes favorables fueron aceptados. En los casos en que las modificaciones solicitadas eran estructurales o de contenido, la versión revisada fue enviada nuevamente al evaluador. Los trabajos que recibieron dos dictámenes desfavorables fueron rechazados; en los casos en que los dictámenes no coincidieron, se recurrió a un tercer evaluador y, en función de su dictamen, se definió la aceptación condicional o el rechazo del trabajo. La anonimidad, originalidad y, en un segundo momento, la adecuación de los trabajos a las observaciones realizadas por los evaluadores fueron comprobadas por los editores.

Para realizar esta edición utilizamos sistemas abiertos de gestión de revistas científicas. Agradecemos a la Subsecretaría de Informática de la Universidad Nacional de Córdoba, y en especial a María Mercedes Brain Lascano, por el mantenimiento y la supervisión en el manejo de las plataformas *Open Journal* y *Open Conference*. Queremos agradecer especialmente a todos los evaluadores que asumieron con seriedad la tarea solicitada, colaborando en muchísimos

casos con el mejoramiento de los trabajos. En particular, destacamos la buena predisposición de quienes de este modo nos acompañaron en la realización de este volumen a pesar de los tiempos apremiantes del proceso de edición. Teniendo en cuenta la notable amplitud temática y la diversidad de estilos de trabajo que aquí se reflejan, deseamos reconocer a la comunidad filosófica que en este sentido ha contribuido sustancialmente a la calidad del resultado. Agradecemos también a los miembros del comité académico del *IX Encuentro / XXV Jornadas* por el trabajo que realizaron para la evaluación de los manuscritos y resúmenes para su exposición, y por confiarnos la tarea de edición del presente volumen.

Queremos además agradecer y reconocer el arduo trabajo realizado por Gonzalo Navarro, nuestro secretario técnico, quien se encargó de todo lo relacionado con el manejo de la plataforma digital, la gestión de los trabajos en sus diversas etapas, así como de la comunicación entre autores, evaluadores y editores. Su dedicación y sentido de la responsabilidad en el desempeño de sus tareas han sido muy valiosos para la realización de este proyecto. También queremos agradecer a Natalia Rojo, por la edición técnica de la publicación, y a Manuela Eguía, por el hermoso diseño de tapa.

Los editores
Octubre de 2015

Prólogo

Temos a satisfação de apresentar ao leitor o quinto volume da série *Filosofia e História da Ciência no Cone Sul*, contendo uma seleção de trabalhos expostos no *IX Encontro de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul* e nas *XXV Jornadas de Epistemologia e História da Ciência* da Universidade Nacional de Córdoba, Argentina. Esse evento conjunto foi realizado de 15 a 19 de setembro de 2014 na cidade de Los Cocos, situada nas charmosas Sierras Chicas cordobesas. A presente coletânea é o resultado do trabalho colaborativo de membros da AFHIC e do Comitê Organizador das Jornadas, que contribuíram, respectivamente, com dois e um editores.

Esta publicação testemunha a continuidade e o fortalecimento, nas décadas recentes, dos estudos históricos e filosóficos sobre a ciência nos países do Cone Sul. Temos agora em mãos uma amostra representativa da evolução desses estudos em nossos países, com destaque para a epistemologia e história das ciências particulares. Tais impressões positivas se intensificam quando notamos a coincidência da realização do referido evento conjunto com a comemoração dos vinte e cinco anos de ininterrupta realização das Jornadas, que tanto têm contribuído para o desenvolvimento e consolidação de um espaço de discussões de alto nível em epistemologia e história da ciência.

Participaram do evento de Los Cocos 245 pesquisadores, atuando num amplo leque de assuntos e tradições epistemológicas. Tal diversidade enriqueceu sobremaneira o intercâmbio acadêmico durante sua realização e mesmo após ela, tendo-se em conta os contatos e vínculos de colaboração que, na ocasião, se estabeleceram. (A lista completa das contribuições ao encontro pode ser consultada em <http://conferencias.unc.edu.ar/index.php/afjor/AfhicIX/schedConf/presentations>.)

Entre os critérios adotados para a avaliação dos artigos que viriam a compor a presente coletânea, a originalidade das contribuições recebeu particular peso. Cada um dos trabalhos a nós submetidos foi enviado, em sistema duplo-cego, a dois avaliadores, escolhidos por sua competência na área do trabalho. Foram aceitos, inicialmente, aqueles que obtiveram duas avaliações favoráveis, sendo que, no caso de haver indicação de modificações estruturais ou de conteúdo, as versões revisadas pelos autores foram novamente enviadas aos avaliadores que as haviam recomendado. As contribuições que tiveram duas avaliações desfavoráveis foram rejeitadas. Por fim, os trabalhos avaliados de modo divergente, quanto à aceitação ou recusa, foram enviados a um terceiro avaliador, para a tomada de decisão final por parte dos editores.

Do ponto de vista do processamento técnico das submissões, utilizamos, com evidente benefício para todos, um sistema informatizado de gestão de revistas acadêmicas disponibilizado pela Universidade Nacional de Córdoba. Esse fato nos impõe o dever de agradecer à Subsecretaria de Informática dessa universidade e, em especial, a María Mercedes Brain Lascano, que providenciou a instalação e alojamento das plataformas digitais *Open Journal* e *Open Conference*.

Agradecemos, de forma calorosa, aos numerosos avaliadores que, de diversos países e universidades, assumiram com competência e seriedade a tarefa que lhes atribuímos. Sua

colaboração propiciou não somente a seleção criteriosa e isenta dos trabalhos, como também, em muitos casos, seu aperfeiçoamento. Foi-nos particularmente bom contar com a compreensão desses colegas diante da urgência decorrente da complexidade do processo de avaliação e edição. Consignamos também nosso reconhecimento ao trabalho prévio dos comitês Científico e Organizador do *IX Encontro AFHIC / XXV Jornadas*, que selecionaram os manuscritos e resumos apresentados no evento conjunto. Ao Comitê Organizador agradecemos, em particular, a confiança em nós depositada para a ulterior tarefa de publicação deste volume.

Por fim, queremos agradecer a Gonzalo Navarro, nosso secretário técnico, o árduo e complexo trabalho de muitos meses seguidos, envolvendo todo o manejo da plataforma digital, o acompanhamento da extensa correspondência entre autores, editores e avaliadores, bem como o gerenciamento dos manuscritos e suas versões revisadas. Sem sua competência, dedicação e senso de responsabilidade a presente publicação jamais teria chegado a bom termo. Da preparação técnica deste volume encarregou-se Natalia Rojo; de seu belo desenho de capa, Manuela Eguía. A ambas a somos especialmente gratos.

Os editores
Outubro de 2015

Índice

Modelos, autonomía y mediación	15
<i>Hernán Lucas Accorinti</i>	
Ley verdadera, explicación y descripción en un argumento de Nancy Cartwright.....	25
<i>Sergio Aramburu</i>	
Variaciones sobre la teoría de juegos	33
<i>Marcelo Auday</i>	
La dialéctica “gesture-speech” en las explicaciones evolutivas del lenguaje	43
<i>Irene Audisio</i>	
Sobre la crítica de van Fraassen a la inferencia abductiva	53
<i>Roberto Azar, Bruno Borge</i>	
Mecanismo de Anticítera: uma dinâmica de representação do Cosmos	63
<i>Beatriz Bandeira</i>	
La biología funcional de los psicólogos evolucionistas	77
<i>Sergio Daniel Barberis, Santiago Ginnobili</i>	
O experimento e a divulgação científica: o caso do anfiteatro da <i>Royal Institution of Great Britain</i> do século XIX.....	89
<i>João Batista Alves dos Reis, Ivoni Freitas-Reis</i>	
El condicionamiento del “marco epistémico” en distintos tipos de análisis constructivista.....	101
<i>Gastón Becerra, José Antonio Castorina</i>	
El carácter relativo de las medidas de correlaciones cuánticas	109
<i>Guido Bellomo</i>	
Estándar e individuación técnica en el medio digital	121
<i>Agustín Berti</i>	
Racionalidad colectiva en la argumentación social. Imposibilidad general y posibilidad restringida.....	129
<i>Gustavo Adrián Bodanza</i>	
Inferencias abductivas y diseño observacional en astronomía	139
<i>Maximiliano Bozzoli</i>	

La delgada línea entre ser o no ser empático	149
<i>Patricia Brunsteins</i>	
Del rigor en la ciencia y la inferencia a la mejor explicación	157
<i>Juan Ernesto Calderón</i>	
Anti-esencialismo tecnológico. Una crítica a Friedrich Dessauer desde el pragmatismo de John Dewey y Martin Heidegger	163
<i>Emiliano Campoamor</i>	
La influencia de David Hume en la <i>Historia de la Astronomía</i> de Adam Smith	173
<i>Gonzalo Carrión</i>	
La meta-teoría y su intervención en la investigación psicológica de los conocimientos sociales.....	183
<i>José Antonio Castorina</i>	
¿Pueden nadar los submarinos? La tesis de Turing y el mecanicismo.....	193
<i>Aldana D'Andrea, Javier Blanco</i>	
La estructura normativa de la ecología y la irrupción de la problemática ambiental global.....	203
<i>Federico di Pasquo, Gabriela Klier</i>	
Boceto de un programa para una economía más realista: Precisiones para una posición epistemológica alternativa	213
<i>Pablo Ariel Diaz Almada</i>	
Simulaciones computacionales como singularidad tecnológica en las ciencias empíricas.....	223
<i>Juan Manuel Durán</i>	
Empatía y actos pro-sociales: acerca de la hipótesis empatía-altruismo.....	233
<i>Mariana Fernández</i>	
Información genética y selección natural: Problemas del enfoque intencional-seleccionista	245
<i>María José Ferreira Ruiz</i>	
Las tesis cusanas acerca de los cuerpos celestes en <i>Acerca de la docta ignorancia II</i>.....	257
<i>María José Ferreira Ruiz</i>	

A presença do Lítio nos minerais Petalita e Espodumênio: as análises iniciais de José Bonifácio de Andrada e Silva	267
<i>Ivoni Freitas-Reis, Sandra Franco-Patrocinio</i>	
La relatividad en la cultura de la Argentina de inicios del siglo veinte	279
<i>Alejandro Gangui, Eduardo L. Ortiz</i>	
Aspectos epistemológicos relacionados con la existencia de horizontes en cosmología... ..	289
<i>Alejandro Gangui</i>	
Aspectos conceptuales de la noción de computación.....	299
<i>Pío García, Javier Blanco</i>	
Sobre los alcances de la lingüisticidad para la constitución de los objetos sociales: institución, inscripción e interpretación	307
<i>Carlos Emilio Gende</i>	
Una propuesta de interpretación historiográfica de la matemática en el Antiguo Egipto.....	319
<i>Héctor Horacio Gerván</i>	
Sobre la distinción entre teorías híbridas y pluralistas de conceptos	331
<i>Sabrina Haimovici</i>	
Automatismo y problemas bien-estructurados: una relación no tan evidente.....	343
<i>Xavier Huwelle</i>	
La naturaleza de la computación y la computación de la naturaleza	351
<i>Andrés A. Ilcic</i>	
Problemática ambiental: tensiones entre la biología de la conservación y el “pensamiento” de la complejidad.....	361
<i>Gabriela Klier, Federico di Pasquo</i>	
Hacia una concepción relacional del poder.....	371
<i>Esteban Leiva, Pastor Montoya</i>	
Cómo interpretar el operador de inversión temporal en mecánica cuántica.....	383
<i>Cristian López</i>	
Información, control y causación.....	395
<i>Cristian López, Olimpia Lombardi</i>	

Racionalidad y emociones: una perspectiva deweyana	407
<i>Federico E. López, Chantal Paula Rosengurt</i>	
Reconstrucción de patrones explicativos vs. reconstrucción de teorías.....	417
<i>Pablo Lorenzano, Santiago Ginnobili</i>	
Información y entrelazamiento en la mecánica cuántica	429
<i>Marcelo Losada, Roberto Laura</i>	
Resultados recientes del formalismo de contextos generalizados para historias cuánticas.....	437
<i>Marcelo Losada, Roberto Laura</i>	
Una batalla por la autonomía tecnológica: Uranio natural o enriquecido (Más de cuatro décadas después)	449
<i>Ernesto E. Maqueda, Walter Scheuer</i>	
La tabla periódica como estrategia para la codificación de la información química	461
<i>Juan Camilo Martínez González, Martín Labarca, Alfio Ariel Zambón</i>	
Lógica y psicología del razonamiento: un caso de representación de argumentos	475
<i>Alba Massolo, Federico Ferrero</i>	
Eventos causais em motores moleculares.....	489
<i>Luma Melo, Osvaldo Pessoa Jr.</i>	
Aplicación del método científico como función de la escala del sistema	501
<i>Oswaldo M. Moreschi</i>	
¿Es la negación de la lógica clásica una verdadera negación?	515
<i>Carlos Alejandro Oller</i>	
La medicina evolutiva, una historia de encuentros y desencuentros entre la biología evolutiva y las prácticas y la educación médicas.....	521
<i>Alberto Felipe Onna</i>	
Un Programa de Investigación Científica (PIC) aplicable a la parasitología y su posible desarrollo en base al concepto de núcleo conservativo.....	533
<i>Martín Orensanz, Guillermo Denegri</i>	

Análisis histórico y filosófico del privilegio de los genes en los principales programas de investigación de la biología del comportamiento	539
<i>Nahuel Pallitto, Christian Francese</i>	
As investigações de Edith Rebecca Saunders sobre a hereditariedade: 1902-1908	549
<i>Ana Paula de Oliveira Pereira de Moraes Brito, Lilian Al-Chueyr Pereira Martins</i>	
Weismann e a transmissão de caracteres adquiridos: os cientistas podem mudar de ideia.....	557
<i>Lilian Al-Chueyr Pereira Martins</i>	
Una lectura sobre interacciones entre modelos y algoritmos en el emerger de la química computacional	565
<i>Silvia Polzella, Penelope Lodeyro</i>	
T-teoricidad en el contenido aplicativo: una lectura estructuralista a Kuhn para responder a una crítica realista de Boyd.....	573
<i>Jorge Prado Carvajal</i>	
Una aproximación astronómica al primer motor inmóvil	581
<i>Gonzalo Luis Recio</i>	
El discurso de la sincronización en el Observatorio de Córdoba. Ciencia, sociedad y Estado en la Argentina del siglo XIX.....	591
<i>Marina Rieznik</i>	
Aspectos epistemológicos e históricos de la precisión en las mediciones en física.....	599
<i>Víctor Rodríguez, Pedro W. Lamberti</i>	
La deriva genética como fuerza evolutiva	605
<i>Ariel Jonathan Roffé</i>	
La inconmensurabilidad entre las teorías planetarias de Ptolomeo y Copérnico: dos enfoques contemporáneos	615
<i>Ariel Jonathan Roffé</i>	
Cero o No Ser: Genealogía del cero.....	627
<i>Leila Gisela Rosset Luna</i>	
Ian Hacking y la “tecnociencia”	637
<i>Alan Arthur Rush</i>	

La fuerza normativa de los estados mentales y la justificación: una crítica a Millar.....	649
<i>Nicolás Sánchez</i>	
Algunas reflexiones en torno a la interdisciplina y a la enseñanza	657
<i>Haydée Santilli, Jorge Norberto Cornejo</i>	
Insuficiencia de la carencia de unidad para fundamentar teorías híbridas y no-conceptualistas en percepción.....	669
<i>Nicolás Alejandro Serrano</i>	
Rosalind Franklin o las trampas de la ciencia.....	681
<i>Rosario Sosa, Daniela Bargardi</i>	
Idealización, decisiones racionales y enunciados condicionales	691
<i>Adriana Spehrs</i>	
Autonomía epistemológica y ontológica de la química y las nuevas representaciones de la tabla periódica.....	701
<i>Gabriela Tudela, Alicia Mayoral, Rodolfo Vergne</i>	
Nullius in verba? Testimonio y probabilidad según Leibniz	709
<i>Evelyn Vargas</i>	
Mindreading: Los enfoques híbridos de teoría y simulación como propuestas de Teorías Multi-Proceso	719
<i>Fernanda Velázquez Coccia</i>	
Epistemología de las neurociencias cognitivas: Una mirada metafilosófica	729
<i>A. Nicolás Venturelli</i>	
El escolasticismo en psicología: un problema sobrevaluado	741
<i>Agostina Vorano</i>	

Modelos, autonomía y mediación

*Hernán Lucas Accorinti **

En las últimas décadas la noción de modelo ha cobrado un peculiar interés en el ámbito epistemológico. Disputando el carácter protagónico que las teorías han tenido durante el siglo XX, los filósofos de la ciencia han comenzado a reconocer en los modelos un recurso metodológico fundamental e indispensable de la ciencia moderna. El resultado de dicho reconocimiento fue una proliferación de textos (ver, por ejemplo, Morgan y Morrison 1999) en los que se intenta caracterizar qué es un modelo, determinar sus usos y funciones dentro del campo de la ciencia, y clasificar sus diversos tipos.

Este proceso implicó un desplazamiento respecto de aquellas perspectivas estándares que, fijando tradiciones de investigación, solidificaron una visión que no tematizaba los modelos como articuladores del conocimiento científico y desconocía aquellos casos en donde los modelos no podían concebirse como meras derivaciones de las teorías ya que asumían afirmaciones contradictorias respecto de la teoría fundamental. En líneas generales, tanto la concepción sintáctica como la semántica implican una dependencia y subordinación de los modelos respecto de las teorías y del mundo. En efecto, como afirma Suárez (1999), en la medida en que se conciba a las teorías como sistemas axiomatizados en un lenguaje formal más reglas de correspondencia, y a los modelos como aquellas interpretaciones que hacen verdaderos los axiomas de las teorías, no sólo se reduce la totalidad del conocimiento en las teorías, sino que colapsa la distinción modelo-mundo: la verdad de una teoría supone al *mundo como uno de sus modelos*. Asimismo la concepción semántica (CS) al desvincular la teoría de su sintaxis y presentarla a partir de la clase de sus modelos, hace colapsar la distinción entre teoría y modelo ya que básicamente las teorías *son* modelos. La teoría ya no se interpreta en función a los axiomas que estipula sino en relación al conjunto de modelos que define a partir de ellos. En este sentido, al focalizarse en las consecuencias que se derivan de los axiomas (y no en los axiomas mismos) las teorías se entienden como estructuras no lingüísticas en donde las leyes definen al respectivo conjunto de modelos especificando las entidades posibles que se comportan de acuerdo a ella. Desde esta perspectiva las leyes de la teoría cobran veracidad si los fenómenos de estudio se ajustan a alguno de los modelos que aquella permite. Esto se hace patente mediante la denominada *aserción empírica* que explicita la relación existente entre los sistemas empíricos que queremos dar cuenta, y los modelos determinados por la leyes.

Ahora bien, de los múltiples elementos que componen el entramado del proceder científico como ser: los modelos, las teorías, los modelos de datos, los datos y los *sistemas target*¹; el presente trabajo no indagará cuestiones relativas a la capacidad cognoscitiva y/o representativa de los modelos ni al tipo de información que brindan respecto a los correspondientes sistemas.

* Universidad de Buenos Aires

Asimismo, tampoco se preguntará respecto al estatus óntico y epistémico de los datos (en relación a si los mismos pueden ser interpretados como “datos puros” o modelos de datos²) a partir de los cuales se construye y rectifica el modelo. Por el contrario, la propuesta será intentar echar luz sobre la clásica disputa filosófica entre realistas e instrumentalistas a partir de la relación específica existente *entre las teorías y los modelos* (y no entre los modelos y los *sistemas target*) para ver si ella habilita o no una interpretación realista de las teorías.

La estrategia del presente trabajo será analizar el caso específico de la superconductividad con el objetivo de elucidar la pertinencia de la máxima de la concepción semántica referente a la preeminencia existente de la teoría respecto a los modelos. La intención será entonces constatar, a partir del caso científico propuesto, el rol y el estatus epistémico que tal concepción le brinda a las teorías científicas. En este sentido, la hipótesis del presente trabajo será que el punto de visto *teórico-dominante* presupuesto en la CS no es compatible, y por lo tanto no puede explicar, el modo en que se generó el modelo de los hermanos London para dar cuenta del efecto Meissner de los materiales superconductores. Para ello en primer lugar explicitaré ciertas tesis fundamentales que considero que pueden adscribirse a los representantes de la CS. En segundo lugar, intentaré demostrar, en detrimento de aquellos autores que pretenden realizar un revisionismo de la CS, que, aun considerando las interpretaciones más débiles de la CS, la misma no es compatible con el modo en que se generó la ecuación de los hermanos London. Por último, concluiré que, independientemente a que si se interprete en su versión fuerte o débil; a que se interprete a la CS como *teórico-derivacionista* o meramente como *teórico-dominante*; tal concepción no sólo no es satisfactoria para dar cuenta del surgimiento de los modelos, sino que no contempla adecuadamente el estatus epistémico de las teorías. En efecto, trataré de demostrar, en función al caso propuesto, que las teorías no serían susceptibles de ser analizadas en términos de verdad o falsedad, sino que lo correcto sería interpretar a las teorías como *instrumentos* a partir de los cuales se construyen modelos que pueden tener o no una relación con los fenómenos del mundo. La pregunta epistemológica relevante en el contexto de esta discusión sería: si los modelos no dependen ni surgen exclusivamente de la teoría, la compatibilidad entre los modelos y los fenómenos del mundo, ¿aumenta el grado de verosimilitud de las teorías? Nótese que la crítica a la concepción representacionista que pretende determinar la verdad de una teoría no refiere ni depende de los clásicos problemas suscitados a partir de la concientización de que el proceso de modelización se produce a partir de un proceso de abstracción y/o idealización del sistema que se quiere representar. Por el contrario lo que se pone en juego aquí es la plausibilidad de otorgar verosimilitud a las teorías a partir del éxito de “sus” modelos.

La concepción semántica y el punto de vista *teórico-dominante*

Empecemos por introducir ciertas tesis fundamentales que, en su gran mayoría, son aceptadas tanto por los partidarios de la concepción sintáctica como de la concepción semántica:

(i) Los modelos dependen de las teorías.

(ii) Las correcciones (des-idealizaciones) que se introducen en los modelos deben o bien derivar o bien estar legitimados por la teoría.

- (iii) Un modelo de una teoría es tal que no conduce a contradicciones con la teoría
- (iv) En ambos casos los modelos *deben ser* modelos *de* las teorías ya que en definitiva son las “hacedores de verdad” de las teorías.

Las cuatro tesis recogen, en esencia, una de las máximas preeminentes de la concepción somática; a saber: el espíritu *teórico-dominante* de las teorías. En efecto, en ellas se entrevé la dependencia y preeminencia de la teoría respecto a los modelos. Los modelos serían una suerte de mediadores entre las teorías y los fenómenos, puesto que las teorías solo pueden aplicarse a situaciones concretas mediante modelos específicos. Desde esta perspectiva el conocimiento estaría cifrado en las teorías y los modelos serían instancias aplicativas de ellas. Recordemos que según la concepción semántica presentar una teoría es presentar el conjunto de sus modelos. Entre éstos, posteriormente, se intentará especificar la *aplicación propuesta* que identifique entre el conjunto de los modelos aquél que se constituirá como candidato para la representación de los fenómenos del mundo. Puede ser cierto, tal como lo pregonan los defensores de la CS, que lo que se plantea no es (tal y como afirman los autores que interpretan de un modo extremo y fuerte a la CS) que las teorías se *identifiquen* con sus modelos sino que la teoría *se presenta* a partir de ellos. En este sentido, afirman (a contramano de aquellos que pretenden criticar mediante equívocos argumentos la CS) que ésta nunca dijo que las teorías no sean más que el conjunto de sus modelos. Pero el tema es que, independientemente a tales minucias, no puede negarse, sin que ello implique un distanciamiento respecto a la concepción estándar, la dependencia de los modelos con la teoría. En efecto, la perspectiva estándar no posibilita la presentación de las *aplicaciones propuestas* o pretendidas (el modelo entre el conjunto de modelos que pretende referir a los fenómenos del mundo) mediante una estructura conceptual extraña a la teoría de la que forma parte; ya que si así lo fuera no habría relación entre la teoría y el mundo. La interdependencia pretendida entre la teoría y el mundo supone una interdependencia entre la teoría y aquello con lo cual la teoría se aplica al mundo: los modelos. En este sentido pareciera ineludible, desde esta concepción, sostener lo que se afirma en la primera tesis propuesta.

Esto a su vez nos lleva a la segunda tesis: tal concepción requiere que el proceso de modelización, los cambios, correcciones o *des-idealizaciones* que se realizan en un modelo deben *o bien derivar o bien estar legitimados* por la teoría. La disyunción recientemente resaltada en itálicas se vuelve pertinente frente a la insistencia de los defensores de la CS en afirmar que la misma nunca supuso una relación de deducibilidad. Sería ingenuo y erróneo, sostienen, que los modelos que suponen una variada articulación de elementos complejos y de distinto tipo puedan derivarse lógicamente de las teorías. Pero el tema no queda resuelto mediante tales apelaciones ya que si bien es cierto que la concepción *teórico-dominante* no significa mera deducibilidad de los modelos a partir de la teoría, sí mienta la necesidad de que los cambios que se introducen en el modelo para una correcta adecuación con los fenómenos estén legitimados por la teoría. Para que el éxito del modelo sea tomado como evidencia, la aplicación de las teorías debe involucrar un proceso de des-idealización de y desde ellas mismas. Y esto por una buena razón: una buena teoría no debería confiar en ajustes *ad hoc* para lograr una adecuada

explicación del fenómeno. En este sentido, tal como afirma la tercera tesis, un modelo de una teoría es tal que no puede conducir a ninguna contradicción con ella. En efecto, tal como afirma McMullin, *“una actitud realista respecto a las teorías no requiere que el modelo del fenómeno sea una consecuencia deductiva de la teoría, pero sí debe requerir que la simplificación introducida en la descripción esté legitimada por la teoría o por alguna otra descripción aceptable del fenómeno. De otra forma, la gratantía no viajaría desde el fenómeno hacia la teoría”*³

En consonancia con lo precedentemente mencionado se considera que los modelos *deben ser* modelos de las teorías ya que en definitiva son los “hacedores de verdad” de las teorías. Siguiendo esta línea de pensamiento es que da Costa, autor que pretende brindar un giro revisionista de la concepción semántica, afirma que *“una teoría es verdadera si y sólo si uno de los modelos permitidos por la teoría es el mundo real”*⁴. De esta manera las leyes de la teoría cobran veracidad solo si los fenómenos de estudio se ajustan a alguno de los modelos que aquella permite. O sea, para que la teoría sea verdadera, de los modelos que ésta contiene, alguno debe ser el del fenómeno de estudio. En caso contrario no habría modo de legitimar al fenómeno representado vía sus modelos como evidencia para la verdad de la teoría.

Teniendo en cuenta la mínima precedentemente mencionada en relación a que la crítica ya no depende de que los modelos se deriven de la teoría sino simplemente que estén legitimadas y en este sentido *dependan de* ellas, es que considero inoportunas y/o ineficaces las salvedades estipuladas por los revisionistas en relación a la diferenciación entre una interpretación débil y otra fuerte. En efecto, Le Bihan (2008), en “Defending The Semantic View: What It Takes” supone que las críticas a la CS son críticas dirigidas a una versión estrecha y equívoca que le adscribe atributos claramente falsos como ser que las teorías no son más que sus modelos, y que éstos tienen una relación lógica de deducibilidad con aquellas. Frente a esto Le Bihan considera posible esquivar las críticas proponiendo una versión débil que no suscriba tales tesis. En este sentido afirma que es plausible interpretar de dos modos diferentes el enunciado “los modelos son hacedores de verdad de las teorías”⁵. La primera versión sostendría que todos los modelos son hacedores de verdad de una y solo una teoría fundamental en tanto que se deducirían lógicamente de ésta. Claramente esta perspectiva es errónea ya que nadie niega, según Le Bihan, que los modelos son construidos mediante aproximaciones de las ecuaciones de la teoría fundamental. Aproximaciones que implican en variadas circunstancias ecuaciones incompatibles con la teoría fundamental. En relación a ello afirma que por ejemplo el modelo del plano inclinado, a contramano de la teoría de Newton, supone una gravedad constante y que, por tanto, no puede constituirse como un hacedor de verdad de ella. Ahora bien, si este fuera el caso y nada más dijera Le Bihan, nada tendríamos para objetarle, pero el autor continúa su exposición aduciendo que puede reinterpretar y compatibilizar la asunción de que los modelos son hacedores de verdad de las teorías mediante una especie de jerarquización de teorías y modelos de modo tal que los modelos que son usados para representar el fenómeno son modelos lógicos de varias teorías en vez de una sola teoría. Bajo esta concepción no habría una simple relación tripartita entre modelos, teoría y fenómenos sino entre un conjunto de

teorías escalonadas en la que cada una se construiría como hacedora de verdad de la que le antecede. De este modo, el modelo del plano inclinado no estaría localizada en el nivel de la teoría newtoniana pero sí en un nivel inferior: sería parte de un set de modelos que corresponde a una teoría en la que la fuerza de gravedad es constante. En este sentido la teoría de Newton sería, a partir de las teorías y modelos intermedios, “derivativamente” verdadera. El problema es que si bien esta diferenciación puede iluminar ciertos aspectos en relación al proceso de idealización entendida como la eliminación de ciertos aspectos relevantes, sigue presa de la concepción teórico-dominante que en el presente trabajo pretenderé cuestionar.

Podría objetarse que los defensores de la versión estructuralista de las CS serían reticentes a aceptar la tesis (iv). De ser así, ciertos aspectos de la crítica propuesta en el presente trabajo se limitarían a algunas versiones de la CS. En efecto, si no hubiera una relación íntima entre la CS y una perspectiva realista de las teorías (entendiendo a tal perspectiva como aquella que postula la posibilidad de adjudicar valores de verdad y así grados de confirmación a las mismas) innocuo sería recalcar el hiato existente entre la teoría y aquellos elementos (los modelos) que se instituirían como garantías y/o instancias confirmatorias de las teorías. En este sentido, si la versión estructuralista puede ser interpretada desde un punto de vista instrumentalista de las teorías, entonces este trabajo no estaría (solo en relación al punto (iv) pues de seguro no podrían abandonar también el punto de vista teórico-dominante explicitados en los puntos (i) y (ii) sin traicionar los preceptos fundamentales de la CS) en franca oposición con esa particular acepción de la CS. Sin embargo, recordemos, aunque esto por supuesto no es determinante, que por tales motivos Suppes se mostraba reticente en aceptar a la versión estructuralista como parte de la familia semanticista.

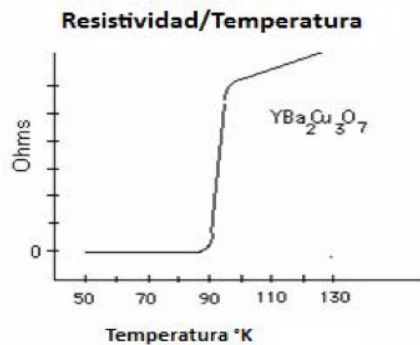
Pero, por otro lado, y en este sentido tal versión también estaría incluida en el marco de la crítica, no resulta tan evidente que la versión estructuralista pretenda desprenderse de la adjudicación de valores de verdad a las teorías. Si bien es cierto que para éstos una teoría se definiría como un compuesto $T = \langle K, I \rangle$ en donde K refiere al núcleo teórico entendido como una estructura matemática que en tanto entidad no lingüística no sería susceptible de ser verdadera o falsa, e I refiere a la aplicaciones propuestas; los estructuralistas también introducen la noción de *aserción empírica* que expresa mediante un enunciado, éste sí susceptible de ser verdadero o falso!, que entre los sistemas empíricos que queremos dar cuenta, y los modelos determinados por la leyes existe cierta relación. De este modo tal como afirma Moulines, en cierta consonancia con lo precedentemente mencionado por Le Bihan, se podría afirmar que dado el caso las teorías sí pueden ser *derivativamente* verdaderas⁶.

El modelo de los hermanos London: el efecto Meissner y la superconductividad

Analizar el caso de la superconductividad será de utilidad para poder identificar el nudo problemático sobre el cual el presente trabajo pretende intervenir. Lo específicamente controversial de la superconductividad para la filosofía de la ciencia fue la creación del modelo de los hermanos London para dar cuenta del efecto Meissner en los superconductores. En

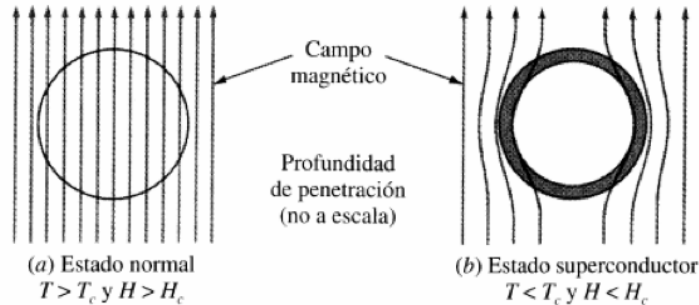
efecto, la riqueza epistémica estriba en que las correcciones realizadas para dar cuenta del extraño efecto no fueron ni hubieran podido haber sido generadas mediante un proceso de des-idealización de la teoría. El modelo de los hermanos London interpretado como un modelo fenomenológico pondría en cuestión el punto de vista *teórico-dominante* de la CS en tanto que no sería la teoría, sino el fenómeno, el que se constituiría como regente del proceso de modelización. Asimismo lo que merece cierta atención es el hecho de que las introducciones establecidas en el modelo no solo fueron instituidas *ad hoc* sino que implicaban algún tipo de contradicción con la teoría vigente. En esencia lo que se hizo, como explicaré ulteriormente, fue considerar (a contramano de la teoría electromagnética consabida hasta esa fecha) un material ferromagnético como diamagnético. En este sentido consideramos que el caso en cuestión ataca las tesis precedentemente adjudicadas a la CS. En efecto lo que en esencia se está evaluando es hasta qué punto los modelos son dependientes de las teorías y consecuentemente hacedores de verdad de las mismas.

Pero repasemos brevemente el problema suscitado en torno a los superconductores para evaluar su relevancia en el tema aquí planteado. En 1911 Kammerlingh-Onnes y su alumno Gilles Holst descubrieron que la resistencia eléctrica del mercurio sólido caía abruptamente y a un valor cercano a 0 grados cuando se lo enfriaba a cierta temperatura denominada temperatura crítica T_c . Cuando $T < T_c$ (que varía en relación al material) se genera lo que se denomina “transición de fase” en donde un conductor normal se vuelve superconductor al permitir el paso de corriente indefinidamente con una disipación insignificante de energía.



Por otro lado en 1933 Meissner y Oschensfeld encontraron que cuando un superconductor se lo somete a T_c en presencia de un campo magnético, éste expulsaba todo el flujo magnético interior. Lo desconcertante del caso es que ante tales modificaciones de temperatura no había ningún cambio en la estructura cristalina y esto significaba que el mismo material, que contenía ciertas propiedades como la de ser ferromagnético, ante situaciones externas determinadas empezaba a comportarse de un modo anómalo a su estructura al presentarse fenoménicamente

de modo diamagnético.



En la figura puede observarse la profundidad de penetración del campo magnético. En (a) se observa un material en estado normal al cual se le aplica un campo magnético que penetra en el material. En la figura (b) se observa al mismo material, que ante las variaciones de las condiciones externa (temperatura menor a la crítica y campo magnético menor al crítico) pasa a un estado superconductor. En este estado se observa la presencia del efecto Meissner: el campo dentro del superconductor es nulo. Como veremos el descubrimiento del efecto Meissner fue determinante para el diseño de la primera ecuación que pudiera dar cuenta del fenómeno de la superconductividad ya que el mismo permitió empezar a interpretar e introducir parámetros diamagnéticos en un ámbito donde la teoría hasta ese momento consabida no lo permitía.

A su vez, lo que generaba cierta perplejidad en relación a la superconductividad era que determinados comportamientos de los materiales superconductores eran incompatibles con las teorías electromagnéticas clásicas vigentes. En efecto, por un lado la resistencia nula que se producía en T_c violaba la Ley de Ohm ya que mientras que para un conductor normal la corriente es directamente proporcional a la tensión ($I = E/R$), en un superconductor la corriente I persiste en ausencia de tensión E debido que no hay resistividad. En este sentido el comportamiento de tales superconductores tampoco obedecía al *efecto Joule* ya que tampoco hay pérdida de energía por disipación de calor.

Por otro lado, el efecto Meissner es inconsistente con la segunda ecuación de Maxwell. La ley de Faraday ($\text{rot } E = -dB/dt$) predice que si la tensión $E \rightarrow 0$, se tiene que cumplir que $-dB/dt = 0$ y por lo tanto, el campo magnético B debe mantenerse constante. La ecuación de Maxwell predice que el flujo a través de un metal no puede cambiar cuando $T < T_c$. La experiencia de Meissner demuestra que hay un cambio del campo magnético externo, consistente en la expulsión del campo magnético B .

El primer modelo exitoso que pudo dar cuenta del fenómenos de la superconductividad explicando y calculando el efecto Meissner fue la ecuación de los Hermanos London:

$$\nabla^2 H = \lambda^{-2} H$$

Con esta ecuación en donde H es el campo magnético y λ es la penetración London (el

grado de penetración de un campo magnético en un superconductor) los hermanos London logran explicar el índice o rango de expulsión del campo magnético.

Ahora bien, lo que aquí resulta relevante es el hecho de que el modelo de los hermanos London es un modelo fenomenológico debido a que fue generado a partir de correcciones inducidas por el fenómeno. En este sentido, en contraposición a la máxima de la CS, tal modelo no fue y no pudo haber sido creado por un proceso de *des-idealización* de la teoría electromagnética vigente. En efecto lo que los hermanos London hicieron, a partir del descubrimiento del efecto Meissner, fue interpretar a los superconductores como diamagnéticos. Esta *analogía* les permitió modificar e introducir determinadas ecuaciones propias del diamagnetismo,⁷ mantener aquellas ecuaciones de los modelos clásicos que le permitían conservar la resistencia cero, y desplazar aquellas que eran inútiles para explicar el efecto Meissner. Reemplazando, por ejemplo, a partir de la mencionada analogía la ecuación inhomogénea de la aceleración por otra ecuación homogénea. Gracias a ello la ecuación pudo retener y modificar lo necesario para poder dar cuenta conjuntamente tanto de la resistencia cero como de la expulsión del campo magnético. Pero el tema a considerar es que no había nada en la teoría electromagnética consabida hasta 1933 que permitiera usar la Ley de Ohm para algunos materiales y mantenerla suspendida para aquellos que se convirtieran en superconductores; como así tampoco no había nada más allá de la analogía sugerida que nos habilitara a reemplazar la ecuación inhomogénea o introducir la homogénea. Fue la asunción de la analogía que devino del fenómeno la que permitió restringir, reemplazar y modificar ciertas ecuaciones. En este sentido, se dice que las restricciones propuestas fueron absolutamente ad hoc. Consecuentemente, no se puede afirmar que el modelo fue producto de un proceso de *des-idealización* legitimado desde la teoría. Por el contrario tales correcciones fueron introducidas gracias al descubrimiento del efecto Meissner. En virtud a éste pudo interpretarse a los superconductores como diamagnéticos; reencausándolos en el marco de una teoría electromagnética que hasta entonces no podía ni tenía la posibilidad de explicarlos a partir de sí misma. En este sentido, junto con Suárez, podemos afirmar que no es cierto que una buena teoría ya contiene el modelo representativo adecuado que engendra. El modelo de London está incontravertidamente fundado en la teoría electromagnética clásica. Pero la teoría no contenía al modelo en un sentido relevante. La respuesta no podía ser hallada a partir de la teoría electromagnética de 1933.

Conclusión

En el presente trabajo se ha intentado defender que la tesis teórico dependiente no supone la existencia de una relación de deducibilidad sino la necesidad de que los cambios introducidos en el modelo estén justificados por la teoría. En este contexto apelamos al modelo de los hermanos London para poner de manifiesto la existencia de modelos fenomenológicos. Éstos no se desarrollan en términos derivacionistas a partir de una *des-idealización* de la teoría sino que son consecuencia de ciertas introducciones *ad hoc*. Lo que queda de manifiesto a mi entender es que por un lado no es correcto considerar que una buena teoría ya contiene el modelo adecuado. Pero a su vez, y fundamentalmente, la consecuencia epistemológica

más relevante en relación al caso propuesto es que se constituye como un contraejemplo a la noción comúnmente aceptada que prescribe la posibilidad de afirmar la verdad o inclusive la adecuación empírica de las teorías. En efecto el modelo de los hermanos London nos habilitaría a pensar que las teorías no representan al mundo a partir de sus modelos, o si se quiere, que no representan al mundo en sentido alguno. El punto de vista que pareciera pertinente adoptar sería el de suponer a las teorías como instrumentos que junto a un conjunto de elementos diversos nos permitirían configurar, construir, un modelo mediante el cual se pretenda explicar a los fenómenos del mundo. Pero en tanto que el modelo no es meramente el conjunto de las entidades que se comportan tal y como lo determina la teoría, sino un producto construido a partir de la conjunción de diferentes elementos, podemos afirmar que ellos son relativamente independientes de la teoría, constituyéndose en una suerte de *mediadores autónomos*⁸ entre la teoría y el mundo.

Ahora bien, de ser así hasta qué punto estamos autorizados a sostener que los modelos se constituyen como elementos de prueba confirmatorios de la teoría. En tanto que el modelo de los hermanos London no surge a partir de, o gracias a, la teoría electromagnética vigente no puede afirmarse que aquél se constituye como un elemento de prueba confirmatorio de ésta. En efecto si la teoría electromagnética incluye a la ecuación de aceleración inhomogénea, entonces el modelo de los hermanos London al negar dicha ecuación disconfirma la teoría electromagnética: pero si ni la ecuación homogénea ni el modelo se obtienen a partir de la teoría electromagnética vigente, entonces éstos no pueden ni confirmar ni disconfirmar; en otras palabras, no pueden constituirse como hacedores de verdad de la teoría en cuestión. En este sentido evaluamos que los hermanos London lograron aplicar la teoría electromagnética a los casos de la superconductividad sin que ello implique que la teoría fuera confirmada por el modelo. En efecto la confirmación requiere que la teoría sea la que sugiera la introducción de las correcciones pertinentes y, en este sentido, una descripción *ad hoc* no puede incrementar el grado de confirmación de la teoría. Esto nos habilita a pensar a las teorías como instrumentos y no como un conjunto de modelos *adecuados* para explicar y representar los fenómenos de estudio.

Notas

1. Entiendo sistema target como aquella parte o aspecto del mundo del cual se ocupa el modelo.
2. Recordemos que Suppes afirma que de hecho lo que se compara/contrasta no son los modelos con sus datos, sino dos modelos entre sí: los modelos teóricos y los modelos de datos.
3. Suárez, M. & Cartwright, N. (2008), p. 67
4. Cfr. Da Costa, N. & French, S. (2003), p. 32
5. Cfr. Le Bihan, (2008), p.11
6. Cfr. Díez A. & Moulines, U (1997), p. 339
7. Para un desarrollo de las modificaciones en las ecuaciones ver Suárez, M. & Cartwright, N. (2008);

Suárez, M. (1999).

8. Para analizar más detenidamente la tesis de los modelos como mediadores autónomos ver Morgan, M. & Morrison, M. (1999). No es el espíritu de este trabajo evaluar todos los aspectos involucrados en tal perspectiva sino resaltar aquél que considero fundamental para poder pensar de ese modo a los modelos; a saber, la independencia de éstos para con la teoría.

Bibliografía

DA COSTA, N. & FRENCH, S. (2003). *Science and Partial Truth: A Unitary Approach to Models and Scientific Reasoning*. New York: Oxford University Press.

DIEZ A. & MOULINES U. (1997). *Fundamentos de la Filosofía de la Ciencia*. Barcelona: Ariel Editorial.

LE BIHAN, S. (2008) *Defending The Semantic View: What It Takes*. Universidad de Montana.

MORGAN, M. & MORRISON, M. (1999). Introduction. En M. Morgan & M. Morrison (Eds.), *Models as Mediators* (pp.1-10). Cambridge: Cambridge University Press.

MORGAN, M. & MORRISON, M. (1999). Models as mediating instruments. En M. Morgan & M. Morrison (Eds.), *Models as Mediators* (pp. 10- 38. Cambridge: Cambridge University Press.

MORRISON, M (1999). Models as autonomous agents. En M. Morgan & M. Morrison (Eds.), *Models as Mediators* (pp. 38-65). Cambridge: Cambridge University Press.

MORGAN, M. (1999). Learning from models. En M. Morgan & M. Morrison (Eds.), *Models as Mediators* (pp. 347-389). Cambridge: Cambridge University Press.

MORRISON, M. (2011). One phenomenon, many models: Inconsistency and complementarity. *Studies in History and Philosophy of Science* 42, 342-351.

SUÁREZ, M. (1999). The role of models in the application of scientific theories: Epistemological implications. En M. Morgan & M. Morrison (Eds.), *Models as Mediators* (pp. 168-196). Cambridge: Cambridge University Press.

SUÁREZ, M. & CARTWRIGHT, N. (2008). Theories: tools versus models. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 39, 62-81.

Ley verdadera, explicación y descripción en un argumento de Nancy Cartwright

Sergio Aramburu *

Introducción

Este trabajo consiste en un análisis de la tesis expuesta en el artículo de 1980 “Do the laws of physics state the facts?” de Nancy Cartwright, según la cual las leyes fundamentales de la física no “describen los hechos”¹ porque, respecto de ellas, verdad y explicatividad se excluyen mutuamente. El texto fue luego republicado como tercer ensayo de su libro *How the Laws of Physics Lie* (1981), del que Mauricio Suárez afirma que el “*trade-off*” entre verdad y explicación es su “tesis central”.²

El problema abordado es propio de la filosofía de la ciencia: cómo deben interpretarse o entenderse las leyes teóricas. Específicamente, si deben considerarse descripciones de hechos (es decir, literalmente, en el sentido de que existe una realidad con independencia de las leyes mismas y que las características de la realidad pueden ser representadas mediante el lenguaje: que tienen valor de verdad) o cumplen otra función dentro del conocimiento científico.³

El artículo de Cartwright estudia el caso del papel que cumplen las leyes fundamentales de la física cuando forman parte de las explicaciones por cobertura legal del tipo denominado por John Stuart Mill “por composición de causas”⁴. Analiza la explicación de la atracción gravitatoria que hay entre dos objetos en un sistema físico en el que están presentes, además de las fuerzas gravitatorias, fuerzas eléctricas. Afirma que en ella la ley de la teoría de Newton tomada individualmente no describe lo que ocurre, no es verdadera. Pero no porque sea falsa sino porque su función o “rol” no consiste en “describir hechos” sino en ser parte de explicaciones científicas.

Pero este argumento de la filósofa de la escuela de Stanford presenta dificultades semánticas, como el uso con dos sentidos diferentes del término teórico “fuerza”. Asimismo, es problemático que asuma que los hechos físicos son observables. Y no son correctas las afirmaciones de que una ley científica “se hace verdadera”, ni que “explica” hechos singulares, ni que “describe” en una explicación.

Desarrollo

El artículo comienza presentando el enfoque denominado por John Perry *de la facticidad de las leyes científicas*, que se considera “sugerido por el realismo científico”⁵, según el cual dichos enunciados “describen hechos”. Esta tesis, señala, presenta una dificultad cuando se analiza el caso de las leyes fundamentales de las teorías físicas: si son verdaderas, entonces no explican,

* Universidad de Buenos Aires

y si son explicativas, entonces no son verdaderas, por lo cual hay un “*trade-off*” - o correlación inversa entre verdad y explicatividad o capacidad explicativa⁶.

En este punto, el texto presenta una ambigüedad: afirma que, respecto de las leyes teóricas de la física, entre verdad y explicación hay un *trade-off*; una correlación inversa o “relación de intercambio inversa”⁷, pero también que “una excluye a la otra”⁸. El *paper* sostiene la segunda alternativa, ya que un enunciado no puede pertenecer en grados a una explicación científica. Es decir, dado el argumento, carece de sentido afirmar respecto de esas leyes “cuanto más explicativas menos verdaderas”.

Añade que si, no obstante, se las “hace verdaderas” conjuntándolas con un enunciado *ceteris paribus* que especifique que en el sistema no actúan otras fuerzas, pierden casi completamente su poder explicativo⁹.

El trabajo de Cartwright se refiere a la teoría de la explicación por subsunción desarrollada por Hempel (1965), por lo que entiende que cuando la ciencia física brinda una explicación por composición de causas, esto es, cuando se explica el comportamiento de objetos físicos mediante un argumento que incluye en el *explanans* dos leyes científicas, como la de gravitación universal y la de Coulomb, “ninguna ley por sí misma describe realmente cómo se comportan los objetos”¹⁰.

Si las leyes científicas son maneras de representar o expresar hechos –sugiere-, deben describir todos aquellos fenómenos que pertenezcan a su ámbito descriptivo o de predicación. Pero que no lo hagan en explicaciones por composición de causas muestra que la postura sobre la facticidad respecto de esas leyes no puede ser mantenida: las leyes fundamentales de las teorías físicas “no proveen descripciones verdaderas de la realidad”¹¹.

No obstante –señala-, una ley como la de gravitación universal puede “hacerse verdadera” si se le agrega una condición u “operador” *ceteris paribus*¹² que especifique que entre dos cuerpos no actúan más que fuerzas gravitacionales. De esta manera la ley es “verdadera” o “al menos verdadera dentro de una teoría dada”, pero sólo describe circunstancias “ideales” y “se vuelve irrelevante para las más complejas e interesantes situaciones”¹³ que debe explicar la física. Es decir, las leyes fundamentales de la física no describen “los hechos”.

Para analizar qué significa “ley verdadera” en este artículo de Cartwright hay que sortear otra dificultad semántica¹⁴- presente en este como en otros de sus textos- que consiste en el empleo de un término, en este caso “ley”, con diferente sentido en el mismo contexto, entendiéndolo alternativamente como enunciado descriptivo y como entidad no lingüística que produce fenómenos regulares. Esto puede verse, por ejemplo, en los siguientes pasajes:

Pero si las leyes fundamentales explicativas de la física no *describen* los hechos, entonces ¿qué hacen? Una vez que se ha abandonado la visión de la facticidad, no sé qué decir. Richard Feynman en *El carácter de las leyes de la Física*, presenta una idea, una metáfora: “existe... un ritmo, un patrón *entre los fenómenos de la naturaleza* que no es visible al ojo sino solamente al ojo del análisis. Y es a estos ritmos y patrones que llamamos leyes físicas.”¹⁵

En cuerpos con masas gravitatorias y cargados eléctricamente, las leyes de gravitación universal y la ley de Coulomb (que proporciona la fuerza entre dos cargas) *interactúan* para determinar la fuerza final. Pero ninguna ley por sí misma *describe* realmente cómo se comportan los objetos... Esas dos leyes no *son verdaderas* ; peor aún, no son siquiera aproximadamente verdaderas.¹⁶

Llamaremos entonces “ley científica” al enunciado y “ley natural” a la entidad no enunciativa presuntamente responsable de que se produzcan hechos observables. Está claro que la entidad no representacional no puede describir ni tener la propiedad semántica de ser verdadera.

Pero ¿cómo puede “hacerse verdadera” una ley científica? Para que la afirmación de que una ley fundamental de la física cuando es verdadera no es explicativa y cuando es explicativa no es verdadera tenga sentido, no puede estar formulada dándole un significado a “ley fundamental” cuando se le predica “verdadera” y otro cuando se le predica “explicativa”.

Las leyes físicas se refieren a ámbitos espaciotemporales, pero ¿cómo interpreta Cartwright el significado o el ámbito al que se refieren tales leyes fundamentales?

Sorprende un poco que la profesora Cartwright afirme que las generalizaciones de la biología, si bien “no son genuinas leyes”¹⁷, sí describen, “nos dicen qué hacen sus objetos”¹⁸, porque “cualquier afirmación general acerca de sistemas complejos” como los organismos vivos “presenta excepciones”¹⁹.

De este modo, al considerar que las leyes científicas son universales, el artículo omite la diferencia que suele aceptarse entre una ley universal y una ley estadística o probabilística²⁰.

Y al afirmar que no es verdadera porque no ocurre un cierto hecho observable, no tiene en cuenta el papel de las condiciones iniciales en la ocurrencia de los fenómenos espaciotemporales singulares, ya que a veces las “excepciones” se deben a acontecimientos contextuales con independencia de si las leyes científicas pertinentes son universales o no.

Y no es lo mismo una ley estadística que describe la presencia de una característica o propiedad en una proporción de un conjunto que una ley universal que describe la presencia de una característica en todos los elementos del conjunto, aunque a veces pueda no presentarse esa característica en una situación observable. Por ejemplo, porque no se cumplió una condición de aplicabilidad de la ley o se produjo una interferencia (falsedad o incumplimiento del enunciado *ceteris paribus*, quizás por la presencia de algún elemento perturbador en las condiciones iniciales).²¹

Si Cartwright llama ley fundamental de una teoría física a un enunciado que no asume implícita o explícitamente una cláusula *ceteris paribus* eso parece chocar con el significado habitual de tales enunciados en la ciencia natural. Pues éstos suelen ser interpretados bajo condiciones *ceteris paribus*, ya que si no fuese así, los físicos, por ejemplo, al observar que el agua no hierve a los 100° centígrados en la cima de una montaña se sorprenderían o afirmarían que tal enunciado quedó refutado. El enunciado legal tiene un ámbito de predicación bajo condiciones, por ejemplo de presión atmosférica, y si ellas no se cumplen se suele entender

que no se cumplieron las condiciones *ceteris paribus* (o resultó falso el enunciado *ceteris paribus* en esa zona espaciotemporal). Si no fuese así se interpretaría que una ley física universal se cumple permanentemente en toda situación de su ámbito descriptivo, en el sentido de que se presentan siempre los fenómenos a los que hace referencia, y, por ejemplo, no podría haber otros fenómenos que afectaran los que ella describe.

Otra dificultad en el argumento de Cartwright consiste en que también está empleada ambiguamente la expresión “describe los hechos” respecto de una ley física fundamental.

Una ley universal que contiene términos que –presuntamente- designan cosas que no son directamente observables (como fuerzas físicas o *poderes causales*²²) puede interpretarse como descriptiva en al menos dos sentidos diferentes: como que describe la presencia de entidades inobservables o como que describe fenómenos observables producidos por las entidades inobservables. El artículo de Cartwright toma partido por la segunda opción, pues afirma que al no ocurrir un “efecto” observable la ley no describe o (tomada como descriptiva) “es falsa”²³ y que en realidad las fuerzas físicas inobservables postuladas por la teoría de Newton “no están ahí”, “no son reales” en la situación que se explica por composición de causas. Es decir, el texto sostiene que las leyes universales de la física describen fenómenos observables. Lo que es diferente de afirmar que describen entidades inobservables con efectos observables (que pueden describirse con predicciones obtenidas en conjunción con enunciados de condiciones iniciales).

Pero si se interpreta que la ley de gravedad describe un conjunto de situaciones observacionales, hay que aceptar que se observa la gravedad misma cada vez que un objeto cae a nuestro alrededor y la gravedad sería una vez una piedra, otra un lápiz, otra una pelota. De esta manera no habría explicación sino descripción en la ciencia natural, ni términos teóricos.

Pero además, suponer que la ley describe un conjunto de situaciones espaciotemporales observables contradice las propias afirmaciones de la autora en el sentido de que existen ciertas entidades modales o “poderes causales” que causan o producen los “efectos” o fenómenos observables. Estas entidades, a las que llama “teóricas” no pueden sino ser algo diferente de los “efectos” observables que causan y, naturalmente, no es posible observar lo inobservable. Y el propio texto afirma que:

Podemos preservar la verdad de la ley de Coulomb y de la ley de gravitación siempre que admitamos que se refieren a algo diferente de los hechos. Las leyes pueden describir *los poderes causales* que tienen los cuerpos. La ley de gravitación afirma que dos cuerpos tienen *el poder* de producir una fuerza igual a Gmm'/r^2 , pero no siempre tienen éxito en el *ejercicio* de tal poder. Lo que realmente produzcan depende de qué otros poderes entran en juego... Pero si esto es así, las leyes no hablan de lo que hacen los cuerpos sino acerca de los poderes que poseen.

Confunde un poco que sostenga que las leyes “pueden” describir poderes y que la ley de gravitación “afirma que dos cuerpos tienen el poder”. Como sea, el trabajo mantiene que existen poderes causales que producen ciertos acontecimientos.

Nuevamente Cartwright entiende como “hechos” acontecimientos observables pero postula

que existen otras entidades que los producen que son inobservables. Por eso afirma que esas leyes no describen los hechos y que su postura no es antirrealista y que no “tiene problema con las entidades teóricas”.

Vale decir, la ley de gravitación describe la presencia de poderes inobservables en dos cuerpos, y que esos poderes pueden “producir una fuerza”. Pero aquí hay otro problema semántico: ¿qué significa “fuerza” en esta oración? ¿designa una entidad (o propiedad) observable o inobservable? ¿no era que las fuerzas no existen?

En el pasaje se afirma que la fuerza a veces existe (cuando es producida por los poderes) y a veces no (cuando los poderes no están en ejercicio), por lo que aquí el vocablo tiene el sentido de describir algo observable. El término no es considerado teórico sino observacional.

Observacional es también el lenguaje de “lo que hacen los cuerpos” y “ocurre una sola fuerza” en la siguiente cita:

Aparentemente describen lo que hacen los cuerpos, en un caso debido a sus masas y en el otro a sus cargas, pero esto no es lo que literalmente ocurre, pues estas fuerzas no son reales. En interacción, ocurre una sola fuerza –la que llamamos “resultante”–, pero esta fuerza no se debe ni a la gravedad ni a la fuerza eléctrica. En la historia de la adición de vector se producen dos fuerzas, la gravitatoria y la eléctrica, pero ninguna existe.

Entonces la fuerza gravitatoria y la eléctrica no son reales pero hay otra que sí, aunque no se sabe qué es, no está claro si la autora llama de este modo a una entidad inobservable que produce el fenómeno que efectivamente se manifiesta o a una entidad observable, como una persona podría hacer si manifiesta que siente una fuerza al recibir la presión de un objeto físico sobre el cuerpo.

Cartwright admite que esas leyes son teóricas, pues contienen términos que describen entidades o características inobservables, y propone que son descripciones de poderes. Pero entonces no son descripciones de un conjunto de fenómenos observables sino de hechos inobservables, cosas que ocurren en el espaciotiempo, que, en todo caso, producen fenómenos observables.

Por ello, sólo mediante reglas de correspondencia (o definiciones o estipulaciones que permitan vincular enunciados teóricos con observacionales) se puede decir que son leyes empíricas contrastables y, consecuentemente, se puede esperar que se presenten ciertos fenómenos observables si realmente están actuando las fuerzas (o poderes) inobservables que presuntamente describen. Es decir, según la física actual hay hechos observables pero también hechos inobservables (como la fisión nuclear), lo que parece no ser tenido en cuenta en este argumento.

Por otra parte, si a un enunciado universal incondicionado se le conjunta un enunciado *ceteris paribus*, se obtiene otro enunciado universal diferente –sintáctica, semántica y lógicamente– con un ámbito descriptivo o de predicación mucho más acotado. Los dos enunciados son diferentes y no se refieren a lo mismo.

La autora en el argumento del *trade-off* entre verdad y explicatividad llama “ley científica”

tanto a un enunciado que describe ciertas condiciones *ceteris paribus* como a uno que no. Pero ambos enunciados no pueden ser la misma ley científica de gravedad; ésta no puede describir al mismo tiempo un mismo objeto (conjunto de situaciones) que sean dos cosas diferentes. Que incluso puede que sean de naturaleza diferente: unas físicas y otras ideales.

Si se afirma que la ley científica A se hizo verdadera al agregarle un enunciado *ceteris paribus* surge el problema de saber qué es “la ley A”. Si se llama así al primer enunciado, es falso que se haya hecho verdadero, porque el enunciado verdadero es otro (que se refiere además a situaciones muy diferentes de aquellas a las que se refiere el primero)²⁴; si se denomina así al segundo enunciado, es falso que se lo hizo verdadero “al conjuntarle un enunciado *ceteris paribus*” porque no fue a este enunciado que se le agregó tal cláusula.

Otra ambigüedad del texto consiste en que en él se afirma que la ley *ceteris paribus* describe una situación “ideal”, y también que deja de ser explicativa para “la mayor parte de los casos interesantes”. Estas dos afirmaciones no son equivalentes, porque en el primer caso se afirma que no describe hechos físicos y en el segundo que sí. Pero siempre hay también otras fuerzas, como nucleares²⁵, por ejemplo, por lo que parecería que los casos espaciotemporales que quedan excluidos son todos.

De ese modo, quizás el enunciado modificado sea verdadero “dentro de la propia teoría”²⁶ o analíticamente verdadero, pero aquí la palabra “verdadero” ya tiene otro significado.

Conclusiones

La interpretación que ofrece el texto de Cartwright sobre la tesis de la “facticidad de las leyes” no es afín al realismo científico como pretende, pues supone que las leyes teóricas fundamentales de la física describen hechos observables. Y es inconsistente con la física porque asume que los hechos son observables.

Por ello, no parece satisfactorio cómo se entiende en el argumento el significado de un término teórico como “fuerza”, que es interpretado como si no designase una entidad teórica.

No es correcta la afirmación de que una misma ley teórica, que no es verdadera porque no describe lo que realmente ocurre, se haga verdadera porque se le conjunte un enunciado *ceteris paribus*. Tampoco que la ley explique el comportamiento de dos objetos físicos, porque en toda explicación por subsunción hay enunciados de condiciones iniciales. Ni lo es que una ley teórica en una explicación describa un hecho observable.

Por lo que no parece posible asignarle un sentido preciso a la afirmación de que la verdad y el poder explicativo de las leyes teóricas fundamentales de la física se excluyen mutuamente.

Notas

1. Las traducciones son nuestras.
2. Suárez (2009: 385).

3. Realismo semántico y antirrealismo semántico, según la clasificación de Kukla (1998:8).
4. Mill (1856).
5. Cartwright (2004: 81).
6. Cartwright (2004: 73).
7. Que es como traduce Suárez (2009: 385) la expresión.
8. Cartwright (2004: 73).
9. Cartwright (2004: 71).
10. Cartwright (2004: 73-74).
11. Cartwright (2004: 72).
12. O *ceteris absentibus*.
13. Cartwright (2004: 74).
14. Ya advertida en Gaeta (2013).
15. Cartwright (2004: 72) cursivas nuestras.
16. Cartwright (2004: 74-75) cursivas nuestras.
17. Cartwright (2004: 71).
18. Cartwright (2004: 72).
19. Cartwright (2004: 71).
20. Hempel (1979: 370).
21. La expresión “condiciones iniciales” también es ambigua, pues puede referirse a enunciados que describen circunstancias, como cuando se afirma que en una explicación ciertos enunciados lo son, o a las circunstancias que describen. En este caso nos referimos a lo último.
22. Cartwright (2004: 75).
23. Cartwright (2004: 71).
24. Y un enunciado empírico puede hacerse verdadero, si no cambian los significados de los términos que contiene, modificando aquello a lo que se refiere.
25. Cartwright (2004: 82).
26. Cartwright (2004: 74).

Bibliografía

- CARTWRIGHT, N. (2004) [1980], “Do the Laws of Physics State the Facts?”, en John W. Carroll (Ed), *Readings on Laws of Nature* (pp. 71-83), Pittsburgh, University of Pittsburgh Press.
- CARTWRIGHT, N. (1981), *How the Laws of Physics Lie*, New York, Oxford University Press.
- GAETA, R. (2013), “Sobre cómo mienten las leyes de la física”, trabajo presentado en el Congreso Interamericano de Filosofía. Sociedad Interamericana de Filosofía (SIF), Salvador de Bahía, 7 al 11 de octubre de 2013.
- HEMPEL, C. G. (1965), *Aspects of Scientific Explanation and Other Essays in Philosophy of*

- Science*, Nueva York, Free Press.
- HEMPEL, C. G. (1979) [1965], *La explicación científica. Estudios sobre filosofía de la ciencia*, Barcelona, Paidós.
- KUKLA, A. (1998), *Studies in Scientific Realism*, Nueva York, Oxford University Press.
- MILL, J. S. (1856), *A System of Logic*, Londres, John W. Parker and Son.
- SUÁREZ, M. (2009), “La filosofía de la ciencia y de la economía de Nancy Cartwright”, en J. C. García Bermejo (ed.), *Sobre la economía y sus método* (pp. 383-394), Enciclopedia Iberoamericana de Filosofía, Editorial Trotta.

Variaciones sobre la teoría de juegos

*Marcelo Auday**

Introducción

En este trabajo señalaré algunos de los avances en la teoría de juegos, centrándome en la teoría epistémica de juegos. En particular, mostraré la conexión del enfoque epistémico con los enfoques previos, a saber, el de Von Neumann y Morgenstern (1944) y el de Nash (1951). Un punto central de este trabajo consistirá en subrayar que la teoría de juegos debe ser comprendida menos como una única teoría que como una disciplina que involucra un conjunto de teorías o como un lenguaje a partir del cual se construyen dichas teorías.

La teoría de juegos estudia la toma de decisiones en contextos de interacción estratégica, en la que dos o más jugadores intentan producir un resultado mediante la realización de acciones individuales que están a su alcance, siendo una característica fundamental de la situación que el resultado final depende de la combinación de dichas acciones individuales. De manera resumida, la teoría de juegos se ocupa de dos cosas: en primer lugar, de dar descripciones formales de las situaciones de interacción estratégica y, en segundo lugar, de proveer *nociones de solución*, esto es, criterios para determinar cómo jugarán o cómo deberían jugar los jugadores un determinado juego¹. Respecto del primer punto, los dos tipos de descripción más conocidos son la forma normal o estratégica y la forma extensa. La forma normal, más simple y compacta, explicita quiénes son los jugadores, cuáles son las acciones disponibles para uno de éstos, y cuáles las preferencias de cada jugador sobre el conjunto de resultados (producto de la combinación de acciones individuales, una por cada jugador). La forma extensa, también llamada “árbol de juego”, agrega, a la información provista por la forma normal, cuándo decide cada jugador (es decir, el orden de juego) y qué información tiene cada jugador en cada momento del juego. En este sentido, la forma extensa explicita la *dinámica* del juego.

Conviene aclarar que si bien es natural hablar de “teoría de juegos”, este término se refiere más a una disciplina que a una teoría propiamente dicha. En primer lugar, podemos distinguir diferentes *teorías* para diferentes clases de juegos como, por ejemplo, los juegos cooperativos y los juegos no cooperativos, cuyos desarrollos han sido llevados a cabo de manera relativamente independiente. En segundo lugar, es posible distinguir diferentes ramas o tipos de investigación (aún para el mismo tipo de juegos, como por ejemplo, los juegos no cooperativos): a) la teoría de juegos estándar, b) la teoría de juegos evolutiva², c) la teoría de juegos epistémica³, d) la teoría de juegos conductual y experimental⁴ y e) la teoría de juegos algorítmica⁵. Además de esto, también es útil señalar diferentes etapas históricas (Holler, 2002): clásica (Von Neumann y Morgenstern, 1944), moderna (equilibrio de Nash, 1951, y sus refinamientos posteriores), y nueva (teoría de tipos de Harsanyi, 1967, y los juegos bayesianos). Por teoría de juegos estándar

* IIESS- Universidad Nacional del Sur

entendemos los desarrollos teóricos de la etapa moderna; las demás ramas mencionadas pertenecen a la etapa nueva (según la denominación de Holler).

Von Neumann, Morgenstern, Nash y la teoría epistémica de juegos

En su versión estándar (etapa moderna) y, más específicamente, en su versión más conocida⁶, dicha teoría trata sobre agentes racionales que interactúan estratégicamente guiados por motivaciones egoístas, y el análisis de dichas interacciones (sea en términos normativos o predictivos) se hace en términos de nociones de soluciones, siendo la principal la noción de equilibrio de Nash. Para comprender algunos de los desarrollos posteriores, principalmente el surgimiento de la teoría epistémica de juegos, es conveniente entender algunas de las características principales tanto de esta etapa como de la etapa anterior, a saber, la denominada etapa clásica, desarrollada fundamentalmente por Von Neumann y Morgenstern (1944).

Von Neumann y Morgenstern (1944) postulan que los agentes son racionales y que la racionalidad debe ser entendida como maximización de la utilidad esperada. Sin embargo, dichos autores no suponen que los jugadores, al considerar qué acción realizar, crean necesariamente que sus contrincantes sean también racionales. Es en virtud de esto que plantean como regla de decisión individual la regla *maximin*. Supongamos que hay solo dos jugadores, j y k ; bajo maximin, j calcula los mínimos para cada acción suya posible y elige la que maximiza dichos mínimos (de allí el nombre de maximin). El mínimo de una acción H de j es el peor resultado que H produce (es como si k eligiera, para cada acción de j , la acción que más daña a j , independientemente de si es racional o no para él elegir dicha acción). Esta regla es intuitivamente clara y su razonabilidad es evidente cuando pensamos en juegos de dos jugadores de suma cero, dado que en tales juegos la suma de los pagos de ambos jugadores es cero, y por lo tanto lo que un jugador gana lo pierde el otro. Debido a esto, se los considera juegos de conflicto puro, y por ello no tiene sentido la coordinación entre los jugadores. En este tipo de juegos, es claro que la acción óptima para el jugador k es la que produce el peor resultado para el jugador j y viceversa; así, en este contexto, maximin se justifica aún si suponemos que todos los jugadores son racionales. Por lo tanto, aunque en teoría Von Neumann y Morgenstern (1944) suponen que los demás jugadores (desde la perspectiva de j) podrían ser irracionales, de hecho, en el marco de los juegos de suma cero (i.e., los juegos sobre los cuales dichos autores se concentraron), todos los jugadores están comportándose racionalmente. En verdad, la idea clave detrás de la regla maximin es que ésta trata de establecer qué es razonable elegir cuando no sabemos nada acerca del comportamiento de los demás jugadores o, dicho de otro modo, qué es razonable elegir independientemente de lo que los demás hagan (es decir, sin razonar acerca de los posibles cursos de acción de los demás jugadores).

Ahora bien, una vez que consideramos otros contextos y, en particular, juegos que no son de conflicto puro, la regla pierde algo de su razonabilidad intuitiva. Mientras que en juegos de conflicto puro, lo que j gana lo pierde k , en juegos de coordinación o en juegos de coordinación y conflicto esto ya no es cierto; es posible que ambos se beneficien a la vez. Obviamente, en estos

casos surgen otros problemas como, por ejemplo, el problema de cómo coordinarse en un juego de coordinación y conflicto con más de un equilibrio. Por otra parte, los juegos de suma cero con más de dos jugadores son difíciles de interpretar. Allí, maximin supone que el resto de los demás jugadores (distintos de j) se coordinan para producir el peor resultado para cada acción posible de j . Esto, indudablemente, ya no es tan razonable como es el análisis vía maximin de juegos de suma cero de dos jugadores. De hecho, Von Neumann y Morgenstern, al tratar juegos con más de dos jugadores, ya no los analizan en términos de juegos no cooperativos sino, por el contrario, como juegos cooperativos, en los cuales se supone que los jugadores, a diferencia de lo que sucede en los juegos no cooperativos, pueden establecer acuerdos y formar coaliciones.

John Nash, con su tesis doctoral en 1951, realiza una transformación sustantiva de la teoría de juegos al dar una nueva noción de solución, a saber, la noción de equilibrio (denominada luego “equilibrio de Nash”) y probar que todo juego finito tiene al menos un equilibrio (en estrategias⁷ puras o mixtas⁸). Para juegos con sólo dos jugadores, un equilibrio es un perfil de dos estrategias, una para cada jugador, tal que la estrategia de cada jugador es la mejor respuesta a la estrategia del otro jugador.

Es conveniente señalar dos características respecto del enfoque de Nash. En primer lugar, su solución no se aplica solamente a juegos de suma cero o suma constante⁹, sino a cualquier juego finito. De esta manera, pueden ser tratadas no solamente situaciones de puro conflicto (juego de la izquierda), sino también aquellas de pura coordinación (juego del centro) y las situaciones mixtas, que incluyen aspectos de conflicto y coordinación a la vez (juego de la derecha)¹⁰. En segundo lugar, y a diferencia de Von Neumann y Morgenstern, el enfoque de Nash supone que cada jugador es racional y tiene, además, creencias correctas acerca de lo que jugarán los otros jugadores¹¹.

	C	D		C	D		C	D
A	1, -1	-1, 1	A	2, 2	0, 0	A	2, 1	0, 0
B	-1, 1	1, -1	B	0, 0	1, 1	B	0, 0	1, 2

Un punto interesante en la historia de la teoría de juegos es que si bien la teoría de juegos es una disciplina formal, el tratamiento de la relación entre racionalidad y equilibrio, así como los aspectos relacionados con el conocimiento y /o creencias que los jugadores tienen en un juego determinado, se mantuvo por mucho tiempo en un nivel puramente informal. De hecho, la teoría epistémica de juegos surgió principalmente para poder dar a estos problemas un tratamiento formal. Este nuevo enfoque tiene como punto de partida el considerar a la teoría de juegos como un caso de la teoría de decisión bajo incertidumbre, y el centrar la atención en cómo razonan los jugadores, un aspecto olvidado tanto en el enfoque de Von Neumann y Morgenstern como en el de Nash.

La teoría epistémica de juegos propone un tratamiento riguroso y formal de las creencias y/o conocimiento que los jugadores tienen en un determinado juego, y las consecuencias que se siguen de esto. En particular, considera que la descripción clásica de un juego es incompleta, y que se debe agregar un modelo de las creencias de los jugadores, involucrando esto creencias

de diferentes órdenes, tales como creencias sobre lo que harán los demás, y creencias sobre las creencias que los otros tienen acerca de lo que harán los demás. Este nuevo enfoque ha logrado establecer con claridad los supuestos epistémicos requeridos para justificar diferentes nociones de solución. En particular, y a partir de esto, ya no se considera al equilibrio de Nash como la noción central de solución (Perea, 2012; Halpern, 2011).

Una cuestión históricamente interesante es el rol que tanto el enfoque de Von Neumann y Morgenstern como el de Nash tuvieron en el desarrollo del enfoque epistémico. Tanto Brandenburger (2014) como Perea (2012) señalan a Morgenstern como un precursor del enfoque epistémico, y el rol negativo que jugaron las ideas de Von Neumann y Nash para el desarrollo de dicho enfoque. No obstante, es necesario matizar estas opiniones teniendo en cuenta el rol histórico de Morgenstern en el desarrollo de la teoría de juegos.

Perea (2012), en su crítica al programa de Nash sobre la teoría de juegos no cooperativos, señala a Morgenstern como el precursor de la idea de que es necesario incorporar en el análisis de los juegos el razonamiento que los jugadores llevan a cabo a la hora de determinar sus acciones¹². Morgenstern (1935) utiliza el famoso ejemplo de Holmes y Moriarty para mostrar la necesidad de modelar el razonamiento que cada jugador tiene que llevar a cabo para decidir qué acción realizar; tales razonamientos tratan acerca de la jerarquía de creencias involucradas al tratar de predecir qué hará el otro jugador (lo cuál, a su vez, implica tratar de predecir qué cree un jugador j que el jugador k cree que j hará, etc.). En particular, Morgenstern quería mostrar que el supuesto de *perfect foresight* es incorrecto, y que es necesario poder incluir en la teoría económica el supuesto de que los agentes tengan creencias incorrectas (lo cual, a su vez, implica tener que modelar, como dijimos, jerarquías de creencias).

Estas ideas no tuvieron impacto en el desarrollo original de la teoría de juegos y, sin embargo, esto no puede atribuirse a un rechazo explícito por parte de Von Neumann. Específicamente, no hubo un enfrentamiento de ideas al respecto entre Von Neumann y Morgenstern. La realidad es que el rol de Morgenstern en el desarrollo del libro (que escribieron juntos) fue mínimo, tal como lo muestra Urs Rellstab (1992) en su análisis de los diarios de Morgenstern: dichos diarios no mencionan ningún tipo de desacuerdos entre ambos autores. Además, tal como muestra Andrew Schotter (1992), en la obra posterior de Morgenstern la presencia de trabajos sobre teoría de juegos es mínima y, específicamente, no se realiza ningún tratamiento de la idea de la jerarquía de creencias.¹³

Más allá del rol histórico de Morgenstern, y de sus ideas precursoras pero no tenidas en cuenta por mucho tiempo, Perea (2012) y Brandenburger (2014) no coinciden plenamente a la hora de evaluar el rol de los enfoques de Von Neumann y Morgenstern y Nash sobre el desarrollo del enfoque epistémico. Perea (2012) mantiene una postura crítica, al sostener que el enfoque de Nash es una continuación del enfoque de Von Neumann y Morgenstern, y que ambas perspectivas no dejaron lugar a consideraciones sobre los razonamientos acerca de las creencias que los jugadores tienen. Ambos enfoques vuelven innecesarios tales razonamientos ya que en el caso de Von Neumann y Morgenstern se supone una regla de decisión individual (maximin)

que supone rígidamente que los demás elegirán lo peor (para el otro jugador), mientras que en el caso de Nash se supone que los jugadores tienen creencias correctas acerca de lo que harán los demás. Si bien parecen supuestos distintos, debe recordarse que si nos restringimos a juegos de suma cero, los equilibrios de Nash coinciden con las soluciones provistas por la regla maximin.

Según Brandenburger (2014), el enfoque de Von Neumann y Morgenstern se caracteriza, resumidamente, por los siguientes aspectos. Por un lado, se postula el supuesto de incertidumbre sobre las estrategias, que consiste en que cada jugador elige sin saber qué eligen los demás (y, además, no se postula que cada jugador crea que los demás sean racionales). Por otro lado, se postula la noción de racionalidad en términos de maximización de la utilidad esperada, el criterio maximin como criterio de decisión y el análisis de los juegos de más de dos jugadores en términos de juegos cooperativos (extendiéndose el criterio maximin a este tipo de juegos). Brandenburger (2014) caracteriza a su vez el enfoque de Nash de la siguiente forma. En primer lugar, este enfoque deja de lado el análisis de los juegos cooperativos y se concentra en los juegos no cooperativos. En segundo lugar, elimina el supuesto de incertidumbre (cada jugador sabe lo que eligen los demás), y finalmente postula que el análisis de los juegos se lleve a cabo en términos de una noción de equilibrio y no de reglas de decisión individual. Por otra parte, Brandenburger (2014) caracteriza a la teoría epistémica de juegos estableciendo los puntos de contacto con estos dos enfoques: siguiendo a Nash, se concentra en los juegos no cooperativos y deja de lado los juegos cooperativos, mientras que siguiendo a Von Neumann y Morgenstern, recupera el supuesto de incertidumbre sobre las estrategias, adopta la noción de racionalidad en términos de maximización de la utilidad esperada y desarrolla el análisis de los juegos en términos de decisión individual bajo incertidumbre.

En resumen, tanto el enfoque de Von Neumann y Morgenstern como el de Nash obstaculizaron el desarrollo del enfoque epistémico debido a los supuestos que tenían respecto de lo que los jugadores sabían o creían, aunque la teoría epistémica recupera del enfoque de Von Neumann y Morgenstern el análisis de los juegos en términos de decisión individual bajo incertidumbre.

La teoría epistémica de juegos y más allá

La teoría epistémica de juegos ha mantenido, en general, el supuesto de que los jugadores son maximizadores de utilidad esperada, aunque dicho supuesto no es indispensable, puesto que otras reglas de decisión podrían ser utilizadas. Como ejemplos concretos pueden mencionarse algunas de las soluciones propuestas al dilema del viajero (Basu, 1994). De manera abstracta, la situación descrita en el dilema del viajero es la siguiente. Sean dos jugadores sin ningún tipo de comunicación entre sí, cada uno de ellos tiene que elegir un número entre 20 y 100. Si eligen el mismo número (por ejemplo, 60) ambos reciben \$60; si, por el contrario, eligen números distintos (por ejemplo, uno elige 80 y otro elige 40) entonces el que eligió 40 recibe \$50 (\$40 más un plus de \$10) mientras que el que eligió 80 recibe \$30 (\$40 menos un castigo de \$10). Lo interesante de la situación es que el único equilibrio de Nash es (20, 20). No obstante, la literatura empírica desarrollada sobre este ejemplo muestra que la gente no tiende

a jugar el equilibrio de Nash, sino que eligen números más altos. Basu, quien fue el inventor de este juego, sostuvo en su trabajo original que no solamente la gente no juega el equilibrio de Nash sino que de hecho no debería jugarlo si fuera racional. En un trabajo posterior, Basu (2007) aceptó que el problema no está en el supuesto de racionalidad sino en el supuesto de conocimiento común de racionalidad¹⁴, el cual subyace al análisis en términos de equilibrio de Nash. No obstante conviene tener en cuenta que eliminar el supuesto de conocimiento común de racionalidad habilita la posibilidad de que jugadores racionales (maximizadores de utilidad esperada) no jueguen el equilibrio de Nash, pero no da ninguna orientación acerca de qué jugarán o deberían jugar dichos jugadores.

De las diferentes soluciones que se han propuesto, me interesa señalar las siguientes. Bach & Perea (2014) postulan, como solución, que los jugadores asignan probabilidad positiva a jugadas irracionales del otro jugador, definiendo el concepto de *creencias proporcionales a la utilidad* (los jugadores pueden asignar probabilidades positivas a acciones irracionales y tales probabilidades positivas deben ser proporcionales a las diferencias en utilidad). No obstante, dado que el supuesto de conocimiento común de racionalidad¹⁵ prohíbe asignar probabilidad positiva a acciones irracionales, eliminan dicho supuesto, y definen el supuesto alternativo de *creencia común de creencias proporcionales a la utilidad*. Lo esencial aquí es que amplían el tipo de creencias que un jugador puede tener y abandonan el supuesto de conocimiento típico en el análisis epistémico estándar. Por otro lado, Halpern & Pass (2012) dan una solución al dilema del viajero basada en una nueva noción de solución, a saber, la *minimización iterada del arrepentimiento* (*iterated regret minimization*), basada en la regla de decisión individual *arrepentimiento minimax*¹⁶. Como puede apreciarse a partir de estos ejemplos, el enfoque epistémico se enriquece al incorporar diferentes tipos de creencias, reglas de decisión y supuestos de conocimiento o creencia.

Así como ha mantenido el supuesto de maximización, también, en líneas generales, la teoría epistémica de juegos ha trabajado asumiendo agentes ideales en cuanto a las capacidades cognitivas o computacionales. De nuevo, esta es una limitación pero no una barrera infranqueable. Hay ejemplos, como el de Strzalecki (2014), donde la racionalidad limitada es representada en términos de la limitación en los órdenes de creencia que un jugador puede tener (es decir, cuántos niveles de anidamiento de creencias tienen sus razonamientos). Además, la teoría algorítmica de juegos, directamente relacionada con el enfoque epistémico, se ocupa de modelar a los jugadores como algoritmos y, por consiguiente, se concentra en las restricciones de costo (sea de tiempo o de otros recursos) que tales algoritmos tienen (ver, por ejemplo, Halpern & Pass, 2015).

Finalmente, un problema interesante para el enfoque epistémico, y para la teoría de juegos en general, consiste en comprender cómo los jugadores generan sus creencias. Los análisis epistémicos de juegos siempre se basan en la aceptación de algún supuesto acerca del conocimiento o creencias que los jugadores tienen. La pregunta, entonces, reside en cómo surgen tales conocimientos o creencias. Brandenburger (2014) señala, de manera general y esquemática, el rol del contexto y la historia, y sostiene que son relevantes para la teoría de

juegos las investigaciones llevadas a cabo en el área de neurociencia social denominada *teoría de la mente* (y, habría a que agregar, las investigaciones desarrolladas también por psicólogos cognitivos y sociales). Por otra parte, Kaneko & Kline (2008) se han abocado a la tarea de construir una teoría inductiva de juegos, que intenta mostrar cómo los jugadores generan sus creencias a partir de su experiencia pasada. Por último, Gintis (2009) relaciona la teoría epistémica de juegos con lo que él denomina una epistemología social, en la que las normas sociales funcionan como coordinadores de los agentes. Específicamente, para este autor las normas sociales son mecanismos que coordinan las creencias y preferencias de los jugadores, y sirven para implementar equilibrios correlacionados¹⁷ (Gintis considera esta noción de solución como más apropiada que la noción de equilibrio de Nash). A su vez, Gintis considera que dichas normas sociales deben ser explicadas mediante modelos de co-evolución gen-cultura, para lo cual los modelos provistos por la teoría de juegos evolutiva son una herramienta relevante.

Conclusiones

La teoría de juegos debe entenderse como un conjunto de teorías (y no una única teoría), cuya diversidad es producto tanto de que dichas teorías se ocupan de diferentes fenómenos (de diferentes clases de juegos), como de que tienen diferentes supuestos y/o postulan diferentes nociones de solución. En este sentido, es mejor entender la teoría de juegos como un lenguaje (Brandenburger, 2014; Gintis, 2014) con base en el cual se construyen las diferentes teorías mencionadas. En particular, el enfoque epistémico es un conjunto de teorías que recuperan la conexión del análisis de juegos con el análisis de la decisión individual bajo incertidumbre, y se caracteriza por proveer modelos formales de los aspectos relacionados con el conocimiento y las creencias que los jugadores tienen en un determinado contexto de juego (aspectos que, en el enfoque estándar, eran tratados de manera informal). Finalmente, algunas de las características que el enfoque epistémico presenta no deben verse como características indispensables, puesto que tales características pueden modificarse. De hecho, algunas modificaciones al respecto ya han sido realizadas, tales como establecer restricciones a los niveles de creencias que un jugador puede tener, variar la regla de decisión individual que los jugadores utilizan, o considerar nociones de solución distintas de las tradicionales.

Notas

1. Ya sea que se adopte una perspectiva normativa (cómo deberían jugar) o descriptiva (como jugarán). Sin embargo, el uso de “descriptivo” aquí es ambiguo: puede referirse a cómo jugaran jugadores reales o a cómo jugarán jugadores ideales.
2. Ver, por ejemplo, Weibull (1997) y Gintis (2009b).
3. Ver, por ejemplo, Brandenburger (2014), Gintis (2009a) y Perea (2012).
4. Ver, por ejemplo, Camerer (2003) y Gintis (2009a).
5. Ver, por ejemplo, Varizani et al (2007).

6. Por ejemplo, la versión que se enseña generalmente en la carrera de economía, disciplina a la que usualmente se asocia la teoría de juegos, aunque hoy su uso ya se ha extendido a otras disciplinas como la biología y la antropología.
7. Usamos aquí “estrategia” como sinónimo de “acción” dado que no genera confusión; sin embargo, debe tenerse en cuenta que en el contexto de juegos dinámicos son cosas distintas.
8. Una estrategia mixta de un jugador es una distribución de probabilidades sobre el conjunto de sus estrategias puras.
9. En un juego de suma constante, la suma de los pagos de todos los jugadores (para cada combinación de estrategias posible) es una constante. Pueden ser normalizados como juegos de suma cero.
10. Además, es interesante notar que el juego de la izquierda no tiene equilibrios en estrategias puras. El juego del centro tiene dos equilibrios en estrategias puras, uno de los cuales ((A,C)) domina paretianamente al otro ((B,D)) (es decir, es mejor para ambos jugadores), y el juego de la derecha tiene dos equilibrios pero ninguno de los equilibrios domina paretianamente al otro.
11. Aumann y Brandenburger (1995) establecen las condiciones suficientes para la existencia de un equilibrio de Nash en un juego finito. Tales condiciones establecen qué creen y saben los jugadores. Perea (2012) propone condiciones suficientes alternativas y menciona otros resultados afines en la literatura.
12. Ver también Brandenburger (2010 y 2007).
13. No debe entenderse este comentario sobre Morgenstern como si no hubiera tenido una influencia significativa en el desarrollo de la teoría de juegos. Para esto, ver el trabajo mencionado de Schotter (1992).
14. Gintis (2009) también da esta respuesta.
15. En verdad, estos autores hablan de *creencia común de racionalidad*, en vez de *conocimiento*. En este contexto, la diferencia es irrelevante.
16. Para una presentación elemental de la regla arrepentimiento minimax, ver Peterson (2009).
17. Esta noción de solución fue propuesta por Aumann (1974).

Bibliografía

- AUMANN, R. (1974). Subjectivity and correlation in randomized strategies. *Journal of Mathematical Economics* 1, 67-96.
- AUMANN, R. & Brandenburger, A. (1995). Epistemic conditions for Nash Equilibrium. *Econometrica*, 63(5), 1161-1180.
- BACH, Ch. & Perea, A. (2014). Utility proportional belief. *International Journal of Game Theory*, 43, 881-902.
- BASU, K. (1994). The Traveler’s Dilemma: Paradoxes of rationality in game theory. *American Economic Review*, 84(2), 391-395.
- BASU, K. (2007). The Traveler’s Dilemma. *Scientific American*, June, 90-95
- BRANDENBURGER, A. (2014). *The language of game theory. Putting epistemics into the mathematics of games*. Singapore: World Scientific Publishing Company.
- CAMERER, C. (2003). *Behavioral Game Theory: Experiments in Strategic Interaction*. Princeton: Princeton University Press.

- GINTIS, H. (2009a). *The Bounds of reason. Game theory and the Unification of the Behavioral Sciences*. Princeton: Princeton University Press.
- GINTIS, H. (2009b). *Game Theory Evolving: A Problem-Centered Introduction to Modeling Strategic Interaction*. Princeton: Princeton University Press.
- HALPERN, J. (2011). Beyond Nash equilibrium: Solution concepts for the 21st century. En K. R. Apt y E. Gradel (Eds.) *Lectures in Game Theory for Computer Scientists* (pp. 264-289). Cambridge: Cambridge University Press.
- HALPERN, J. & Pass, R. (2012). Iterated regret minimization: A more realistic solution concept. *Games and Economic Behavior*, 74(1), 194-207.
- HALPERN, J. & Pass, R. (2015). Algorithmic rationality: Game theory with costly computation. *Journal of Economic Theory*, 156, 246-268.
- HARSANYI, J. (1967-1968). Games with incomplete information played by Bayesian players. *Management Science*, 14, 159-182, 320-334, 486-502.
- HOLLER, M. (2002). Classical, modern and new game theory. *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, 222, 556-583.
- KANEKO, M. & Kline, J. (2008). Inductive game theory: A basic scenario. *Journal of Mathematical Economics*, 46(4), 620-622.
- MORGENSTERN, O. (1935). Perfect foresight and economic equilibrium. En A. Schotter (Ed.) *Selected Economic Writings of Oskar Morgenstern* (1976, 295-311). New York: New York University Press.
- NASH, J. (1951). Non-cooperative games. *Annals of Mathematics*, 54, 286-295.
- PEREA, A. (2012). *Epistemic Game Theory: Reasoning and Choice*. Cambridge: Cambridge University press.
- PEREA, A. (2014). From classical to epistemic game theory. *International Game Theory Review*, 16(1), 1-22.
- PETERSON, M. (2009). *An Introduction to Decision Theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- RELLSTAB, U. (1992). New insights into the collaboration between John Von Neumann and Oskar Morgenstern on the *Theory of Games and Economic Behavior*. En E. R. Weintraub (Ed.) *Toward a History of Game Theory* (pp.77-94). Durnham: Duke University Press.
- SCHOTTER, A. (1992). Oskar Morgenstern's contribution to the development of the theory of games. En E. R. Weintraub (Ed.), *Toward a History of Game Theory* (pp. 95-112). Durnham: Duke University Press.
- STRZALECKI, T. (2014). Depth of reasoning and higher order beliefs. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 108, 108-122.
- VARIZANI, V., Nisan, N. Roughgarden, T. & Tardos. E. (2007). *Algorithmic Game Theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- VON NEUMANN, J. & MORGENSTERN, O. (1944). *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton: Princeton University Press.
- WEIBULL, J. (1997). *Evolutionary Game Theory*. The MIT Press.

La dialéctica “gesture-speech” en las explicaciones evolutivas del lenguaje

Irene Audisio *

Durante los últimos años, se vienen desarrollando diversas líneas teóricas y empíricas en el estudio del lenguaje y su evolución que replantean el rol asignado a los gestos de mero componente público de los contenidos mentales internos. Descubrimientos provenientes de la lingüística, de la neurociencia, de estudios con primates, de la psicología del desarrollo, entre otros campos, generaron nuevas expectativas sobre la relevancia de los gestos en las investigaciones sobre el lenguaje.

La cuestión abordada aquí es por qué gesticulamos cuando hablamos y qué función cumple la gesticulación en situaciones comunicativas humanas. Las respuestas a esta pregunta pueden rastrearse desde dos enfoques: la psicología del desarrollo y la evolución filogenética. En este trabajo me propongo evaluar los alcances de recientes hipótesis evolutivas con respecto al aporte que pueden realizar para dar cuenta de la relación dialéctica entre gesticulación y habla que observamos actualmente.

Más allá de un abordaje de la evolución del lenguaje basado en la imitación y en los mecanismos cerebrales de “neuronas espejo” que explicarían la transición hacia la adquisición del lenguaje (Rizolatti & Arbib, 1998), me interesan posiciones más contundentes que reformulan la consideración del lenguaje a la luz de la gestualidad. Desde una filosofía de la mente extendida que apuesta por un externalismo activo de medios¹, los gestos comienzan a considerarse “*material carriers*”, vehículos materiales de los contenidos cognitivos (McNeill, 2005; Clark, 2011). A partir de los estudios, principalmente de Goldin-Meadow (2003) y McNeill (2005), se considera que el acto físico de gesticular desempeña un papel activo en el aprendizaje, razonamiento y cambio cognitivo. La gestualidad provee un formato representacional alternativo (análogo, motriz, viso-espacial) y permite expandir el set de herramientas representacionales disponibles para los hablantes y los oyentes. Puede reforzar información representada a través de formatos verbales pero también, por sí misma, puede brindar información agregando posibles matices y, asimismo, contenido semántico a través de formatos visuales y motores.

En este “giro gestual”, la tesis de la dialéctica “*gesture-speech*” (McNeill, 2005) establece la sincronía de dos modos semióticos diversos basándose en su co-expresividad. El lenguaje mismo es definido en esta dialéctica “*image-speech*”. Los gestos proveen las imágenes y la tensión dialéctica misma impulsa el habla y el pensamiento. El gesto es un componente que integra el lenguaje y no un mero acompañante u ornamento. La gesticulación, es sincrónica y co-expresiva con el habla. Sincroniza con el habla en puntos de máxima fuerza discursiva al momento de

* Universidad Nacional de Córdoba

hablar, donde ambas expresan significados compartidos subyacentes al discurso generando un dinamismo comunicativo. Ambos componentes constituyen modos semióticamente diferentes y hasta opuestos. Los gestos que se dan simultáneamente con el habla, tal como la gesticulación, están ligados a la imagen: son globales, sintéticos e instantáneos². En cambio, el habla es composicional, analítica, combinatoria y lineal. Este carácter dual genera una dinámica dialéctica entre los dos modos, una combinación inestable que busca resolución. Su sincronización establece una combinación de modos opuestos que en el punto en el cual se intersectan (“*growth point*”) expresan la misma unidad-idea. Esta dialéctica entre opuestos y la búsqueda de su resolución impulsa al pensamiento al acto de habla, a la formulación de una expresión lingüística. Es decir, no tenemos lenguaje verbal, expresión lingüística sin un componente del modo gestual/imagen. Ambas dimensiones son necesarias para el estudio del lenguaje. Esta unidad dialéctica inestable que generan ambos componentes muestra la dimensión dinámica del lenguaje, enfocado multimodalmente, como un proceso en contexto y en tiempo real.

El carácter de imagen del gesto involucra tanto las acciones corporales como el dominio viso-espacial. Por otra parte, su carácter de imagen no lo limita a la experiencia inmediata debido a su propiedad metafórica que hace posible su extensión hasta alcanzar significados abstractos tal como lo han elaborado los teóricos de la metáfora conceptual (Lakoff & Johnson, 1980; Cienki & Müller, 2009)³.

Este enfoque, dentro del cual McNeill (2005) refuerza el papel activo del gesto en el habla y el pensamiento, está enmarcado en una mirada ampliada que considera el lenguaje, el gesto y el pensamiento como tres caras de un único proceso.

Para la posterior discusión, adquiere relevancia revisar la sistematización que realiza este autor de los gestos. Ubica diversos tipos en un continuo que es decreciente según el grado en que el gesto depende y va acompañado del habla y en un grado creciente según que el gesto contenga las propiedades de una lengua en sí mismo. En este continuo, entonces, parte de la:

(i) Gesticulación: se refiere, brevemente, a los movimientos que acompañan el discurso. Siempre se presentan con un discurso del cual dependen. No tienen significado en sí mismos.

(ii) Gestos vinculados al discurso: constituyen parte de las oraciones. Completan las ranuras que aparecen en el discurso verbal mediante un movimiento que completa el significado de la oración expresada. Ej: “Silvestre fue /gesto de despeque lateral con la mano/”. Un gesto manual, en este caso, completa el significado de la oración.

(iii) Emblemas: son gestos convencionales. Ej: El gesto manual del “OK”.

(iv) Pantomima: se trata de un gesto o secuencia de gestos que contienen en sí una línea narrativa. Son producidos sin que intervenga el habla. Conviene remarcar aquí, que en este caso, por definición, hay una completa ausencia de verbalidad. Habla y pantomima son incompatibles en la misma franja de tiempo. Por otra parte, la pantomima, al igual que la gesticulación no posee ninguna con respecto a las propiedades lingüísticas. Parece no obedecer a ningún tipo de constricciones sistemáticas ni ser del tipo de gesto convencional. Ejemplo: mostrar lo que es un vórtice moviendo un dedo en círculos o rotando una mano completa o

con las manos hacer la acción de volar que puede referir tanto al vuelo como al ave.

(v) Señas y lenguas de señas: tienen su propia estructura lingüística, sus patrones gramaticales, patrones morfológicos, conjunto de palabras, etc. Evolucionó independientemente de la lengua hablada. Incluso son disruptivas entre sí.

Dada esta presentación general del *continuum* de Kendon que usa McNeill (2005), nos introduciremos seguidamente en la pregunta por el surgimiento evolutivo de la dialéctica gesto-habla a la que nos referimos.

¿Por qué gesticulamos?

McNeill (2005) asume que la respuesta al por qué gesticulamos tiene que ser, en última instancia, una respuesta desde el punto de vista evolutivo filogenético.

En general, los gestos habían sido excluidos de las hipótesis evolutivas del lenguaje. Los rastreos filogenéticos solo se basaban en el dominio vocal y el habla dejando sin resolver la disposición actual de los hablantes de un complejo vocal-manual-facial. A partir de los enfoques antes mencionados, se han realizado investigaciones que sí los tienen en cuenta de diferentes maneras. Tomaremos aquí dos de estas. Una (Arbib, 2012) sostiene que evolutivamente no habría sido posible el lenguaje sin los gestos. Otra hipótesis (McNeill, 2012) sostiene que entre gesto y habla se estableció evolutivamente una dialéctica constitutiva que puede brindar claves de la emergencia del lenguaje, considerando los gestos no solo un estadio previo y facilitador de la aparición del lenguaje.

1 - El punto de vista de la “gesture-first theory” (Arbib)

Arbib ofrece un enfoque evolucionista que parte de la hipótesis del sistema de neuronas espejo (Arbib & Rizzolatti, 1997) e incorpora los gestos - específicamente los manuales - en la explicación de la emergencia evolutiva del lenguaje.

Niega que se haya dado una evolución directa desde las vocalizaciones de los primates (del dominio manual al dominio vocal) y sugiere, en cambio, que la vía que habría conducido a la emergencia del “protolenguaje” primitivo sería indirecta ya que dependió del andamiaje de un “protolenguaje de señas” (acciones manuales con significados globales).

El lenguaje provendría de ciertos tipos gestuales que conservarían una globalidad semiótica. A partir de estos, la emergencia del lenguaje se basó en el fraccionamiento simultáneo de las “expresiones unitarias” de este protolenguaje holofrástico en palabras, y en el desarrollo de variadas estrategias sintácticas para volver a conectar las partes.

Estas tesis, vía indirecta a través de un andamiaje gestual, se asientan en la hipótesis del sistema de las neuronas espejo. Este sistema constituye la base neuronal de la habilidad, tanto de monos como de humanos, de responder a sus propias acciones y a las mismas acciones llevadas a cabo por otro, atendiendo selectivamente a las que son intencionales más que al movimiento en sí mismo.

La idea es reconocer los mecanismos que fueron evolucionando de manera compartida entre el

dominio de las acciones y la identificación de acciones, y el dominio del lenguaje. La base está en la homología entre la región F5 del cerebro de los macacos y el área de Broca de humanos (Arbib & Bota, 2003).

Hay un solapamiento evolutivo entre los mecanismos cerebrales sobre los que se basa la acción y el reconocimiento de las acciones, y las áreas en las que se asienta el lenguaje. Esto muestra la base sobre la cual se puede especular que los mecanismos lingüísticos habrían explotado mecanismos ya existentes en el cerebro más que involucrado especializaciones biológicas exclusivamente humanas.

Arbib (2006, 19) sostiene que hay evidencia no sólo para probar que hay un sistema de neuronas espejo para acciones de *grasping*, sino también que éste está relacionado con la imitación y con el lenguaje (Arbib, 2006, 19). Se apoya en el descubrimiento de Ferrari (Fogassi & Ferrari, 2004), según el cual el área oro-facial de F5 (adyacente al área manual) contiene un pequeño número de neuronas sintonizadas con los gestos comunicativos como el lip smackin entre otros. Además, identifica las neuronas espejo como la estructura en la que se asientan las bases evolutivas de la “paridad del lenguaje”, la propiedad según la cual el lenguaje se basa en que: lo que sea significativo para el hablante debe serlo también para el oyente.

El sistema de neuronas espejo probablemente extendió sus alcances desde la función de la aprensión hacia la imitación. Se trata tanto de la imitación simple (en el caso de chimpancés) como de la imitación compleja (en humanos). Desde la imitación compleja de la acción se evolucionó hacia la pantomima en la cual el propósito pasa de ser manipular objetos a comunicar.

De este modo, identifica siete estadios de la evolución del lenguaje:

- (i) Las acciones de asir (*grasping*)
- (ii) Un sistema de neuronas espejo compartido
- (iii) Un sistema de imitación simple de acciones prensiles compartido
- (iv) Un sistema de imitación prensil compleja. La imitación compleja que no comparte el hombre con el mono, requiere un análisis complejo de la acción, la habilidad para analizar la *performance* del otro como una combinación de acciones que ya están en el repertorio y, sobre esta base, poder agregar nuevas acciones complejas al propio repertorio.
- (v) Protolenguaje de señas. Un sistema manual de comunicación que supera el repertorio fijo de vocalizaciones primates y logra un repertorio abierto, es decir, combinatoriamente abierto de gestos manuales que no provienen de las vocalizaciones primates.

De 4 a 5, hay un paso de la acción práxica dirigida a un objeto, hacia la pantomima en la que se realizan acciones similares pero sin la presencia del objeto. Luego emergen los gestos convencionalizados para ritualizar o desambiguar las pantomimas.

(vi) Protolenguaje consistente básicamente en gestos vocales. Resulta de la habilidad de controlar mecanismos que evolucionan del protolenguaje de señas logrando controlar el aparato vocal con mayor flexibilidad. En este estadio se da la emergencia de la modulación de la voz y de un repertorio de movimientos articulatorios que se supone han sido posibilitados por las acciones manuales ya existentes. El descubrimiento en el protolenguaje de señas de

que los gestos pueden ser combinados para convenir nuevos significados provee el andamiaje esencial para la transición del conjunto de vocalizaciones primates a la limitada apertura del protolenguaje. Por lo tanto entre 5 y 6 no se da una superación sino una coexistencia que luego de la adquisición de un protolenguaje de señas supone la adquisición del protolenguaje verbal que surge de la complejización del primero y en ese sentido, están entretreídos en espiral.

(vii) Lenguaje. Presenta ya el cambio del marco objeto-acción a la estructura verbo-argumento, a la sintaxis y la semántica, y supone la co-evolución de la complejidad lingüística y cognitiva.

El protolenguaje de señas y el protolenguaje habrían evolucionado según un mecanismo de espiral en expansión. Ambos aspectos están así incorporados en el lenguaje como componentes manuales y vocales. Si bien son diferentes, se integran y asumen de manera espiralada en el lenguaje. Espiralado en el sentido de entrelazadas desde un desarrollo más simple hasta una evolución en la complejidad de cada uno y de la interrelación entre ambas modalidades.

Estos estadios suponen evolución biológica pero la transición de un protolenguaje de señas y protolenguaje al lenguaje con una sintaxis completa y una semántica composicional fue un fenómeno histórico en el desarrollo del *Homo Sapiens*, que supuso pocos, si es que algunos, cambios biológicos. También se adjudica a una cuestión histórica el hecho de que hayan prevalecido el lenguaje verbal sobre el lenguaje de señas, teniendo en cuenta que el mecanismo cerebral que está a la base del lenguaje humano no está especializado para los lenguajes verbales sino para la comunicación multimodal que integra las modalidades manual-facial-vocal.

Este enfoque es motivado por los rasgos multimodales de los gestos faciales y manuales que acompañan la comunicación lingüística del habla humana real.

McNeill sostiene un modelo evolutivo diferente.

2 - *El enfoque de McNeill: "equiprimordials theory"*

Este enfoque no solo difiere de quienes ubican únicamente las vocalizaciones primates como antecedentes del lenguaje, sino también contra una teoría que indique al gesto solo como el antecedente filogenético del lenguaje ("*gesture-first theory*").

Rechaza esta explicación porque entiende que no predice la unidad gesto-habla que es su punto de partida, sino que le adjudica al gesto un papel temprano, anterior a la palabra, es decir, como transición, sin centrar el foco en la unidad de ambos aspectos. La contradicción que ve es que el habla suplantaría al gesto en lugar de integrarlo en una unidad que es lo que se quiere explicar.

Esgrieme también ciertos problemas con respecto a la pantomima y el lenguaje de señas en el enfoque de Arbib.

Si bien, la *gesture first theory* acepta que la pantomima se pueda rastrear en los ancestros comunes entre chimpancés y humanos, no puede explicar el origen del lenguaje porque es una forma del *continuum* gestual que excluye el habla (*speech*). En el caso de la pantomima, a diferencia de la gesticulación, no hay integración con el habla, no hay co-construcción ni co-expresividad

en la relación de la pantomima con el habla. Si es que aparecen juntos habla y pantomima, esta última juega solo un rol de relleno en los huecos del discurso teniendo incluso un *timing* diferente al discurso. La pantomima no puede combinar dos modos semióticos para co-expresar una unidad de idea simultáneamente.

McNeill reconstruye el modelo del espiral en el que la pantomima o lenguaje de señas va dejando de ser lo que es para dar lugar al habla. El habla surge así como otro código. Lejos de formar al gesto o de ser formado por éste, el código del habla excluye el código del gesto. Interpreta que los dos códigos están enfrentados. Como en caso de los usuarios de lengua de señas y hablantes a la vez (comunidad Warlpiri), por más que pantomima o lengua de señas y habla se presenten simultáneamente, no se combinan en una unidad gesto-habla. Sino que, lo que se observa es que cuando el habla es bloqueada, surge como producto la lengua de señas como unidad gesto-habla en sí mismo, que ahora pasa a ser una unidad gesto-seña. La lengua de señas es una lengua en sí que convive con el habla y que hasta posee sus propias gesticulaciones espontáneas. No es que el habla haya de algún modo suplantado el lugar del gesto.

McNeill concluye que lo que la teoría de *gesture-first* explicaría es la evolución de la pantomima como un estadio filogenético que, si alguna vez tuvo lugar, se extinguió y volvió a aparecer en un punto diferente sobre el *continuum* de los gestos, no explicaría, el origen del lenguaje.

A diferencia de este modelo, no acepta ni la opción del gesto primero, ni la del habla primero, en su lugar propone un mecanismo de selección que explique el origen evolutivo del lenguaje que denomina *Mead's Loop* (McNeill 2012, p.7) en el que gesto y habla co-evolucionan.

Los considera *equiprimordials*, es decir, equiprimigenios. Esta tesis supone que gesto y habla deben haber sido seleccionados juntos evolutivamente.

Es una hipótesis sobre la emergencia evolutiva de un vínculo entre pensamiento-lenguaje-mano localizado en las áreas del lenguaje del cerebro humano. El vínculo tendría como soporte un nuevo tipo de neurona espejo *twisted* que responden tanto a los propios gestos como a los de otros. El *Mead's Loop twist* responde a los propios gestos como si fueran movimientos percibidos en otros y, actuando en las áreas cerebrales de coordinación de la acción (Broca, 44, 45), atribuye a los gestos significados que difieren de los del movimiento mismo. Estas áreas son reconfiguradas, pasan de coordinar secuencias de acciones a coordinar habla y gestos (vocales y manuales), es decir, secuencias de acciones cuyos significados difieren ahora de los de la sola acción (acción intencional, ahora).

Las neuronas espejo *twisted*, son las que incorporan en el gesto una orientación social. Un gesto es significativo cuando despierta implícitamente en uno mismo la misma respuesta que despertaría explícitamente en otro. En este sentido el gesto es algo realizado y percibido al mismo tiempo, es público. Nuestros propios gestos activan una parte del cerebro que responde a las acciones intencionales (incluyendo gestos) de otros y de este modo, se tratan los propios gestos como estímulos sociales. Esta auto-respuesta que solo se presenta en *homo sapiens*, tiene como base las neuronas espejo. De este modo, este sistema de neuronas completan el *Mead's*

Loop. El producto es la sincronización de gestos y vocalizaciones sobre la base de los significados compartidos y la cooptación de los circuitos cerebrales que coordinan acciones secuenciales por los significados. Se orquesta así el gesto con el habla en los significados. En ese punto se asienta el entrecruzamiento de gesto y habla, ambos como componentes del lenguaje.

McNeill distingue diferentes trayectorias evolutivas: Un camino condujo a la pantomima y otro camino a la doble esencia de la gesticulación co-expresiva sincronizada con el habla. Estas diversas vías evolutivas se reflejan hoy en distintos modos de combinar los movimientos corporales y manuales con el habla. Los diversos caminos evolutivos dan por resultado distintos puntos del continuo de formas gestuales.

En conclusión ¿hubo cine mudo en la historia filogenética del lenguaje?

Hemos partido de una propuesta teórica sobre el lenguaje comprometida con la dialéctica gesto-habla. Se observa actualmente en un proceso dinámico, en tiempo real, que gestos y habla son sincrónicos y se intersectan en un punto clave que contiene la unidad-idea. Los gestos así, lejos de ser considerados expresiones externas de un contenido interno o lenguaje no verbal, son incorporados como impulsores y configuradores del pensamiento y del habla.

Ante la ubicuidad de los gestos, la pregunta ¿por qué los gestos? nos ha conducido por las vías evolutivas filogenéticas de la explicación del lenguaje. Entre las hipótesis evolutivas hemos seguido la de Arbib, basada en las neuronas espejo, y la hemos confrontado con las críticas presentadas por McNeill.

Los principales contra-argumentos hacia la primera línea apuntan al mecanismo espiralado de evolución y a la elección de las formas gestuales de pantomima y lenguaje de señas como “antecedentes” del lenguaje.

Por lo que hemos visto, no parece tan claro que la hipótesis del espiral de Arbib reemplace el gesto por el habla. Su postulación no parece tener un carácter primordialmente secuencial y progresivo. Se presentan también entrecruzamientos y los estadios parecen ser asumidos justamente en forma espiralada: los nuevos estadios incorporan los anteriores y se entretejen. Si bien las vocalizaciones y las acciones manuales son distinguidas, en la “pantomima” ya se encuentran las bases de las habilidades lingüísticas.

McNeill parece exigir que gesto y habla sean equiprimigenios, es decir, que tengan un origen simultáneo, para explicar que actualmente son sincrónicos. Sin embargo, podría darse el caso de que tuvieran orígenes no sincrónicos y que cooptando estructuras ya presentes terminaran siendo sincrónicos. En este punto, incluso, podría incorporarse en la explicación el rol del ambiente, la construcción de un nicho social y cognitivo que facilitara la sincronización de ambos aspectos. En este sentido, es necesario incorporar la historia cultural del lenguaje y el desarrollo psicológico para tener una explicación más completa del por qué gesticulamos cuando hablamos.

Con respecto a otro contra-argumento: el que apunta a la pantomima y al lenguaje de señas como formas gestuales evolutivamente incorporadas en el lenguaje por Arbib se pueden hacer ciertas

aclaraciones. Según la clasificación de McNeill ambas formas excluyen el habla y son disruptivas con la verbalidad por definición. Sin embargo, pensamos que es evidente que la definición de pantomima en su clasificación no es del todo clara y exhaustiva. Y por otra parte en los ejemplos brindados no se excluye del todo el carácter verbal. Teniendo en cuenta los ejemplos, parece poco plausible encontrar formas puras de cada tipo de gestualidad en la vida real. El autor mismo identifica estas formas en un *continuum*. Se podría redefinir lo que los autores entienden por pantomima y lenguaje de señas, incluso diversificando estas formas en varios puntos diferentes del continuum gestual aunque próximos.

Finalmente, con respecto al alcance de las hipótesis evolutivas sobre la dialéctica gesto-habla, parece que no es suficiente este tipo de abordajes evolutivos para decidir por la mejor manera de dar cuenta del papel activo de los gestos. Se deberían complementar con el trabajo de etólogos y de la psicología del desarrollo ya que ambas disciplinas brindan pruebas y observaciones sobre el fenómeno.

Notas

1. El enfoque de la mente extendida (Clark, 2011) que aquí nos interesa propone un externalismo diferente al sostenido por T. Burge (1979) o H. Putnam (1975). Una diferencia sustancial es que el primero se enfoca en un externalismo de medios, de vehículos, a diferencia de los otros que postularon un externalismo de los contenidos mentales.
2. Global se refiere al hecho de que el significado de las partes está determinado por el significado de la totalidad, contrariamente a lo que ocurre en las oraciones del habla que es composicional. Sintético refiere a que la gesticulación concentra en un símbolo, un movimiento diferentes significados que podrían estar dispersos a lo largo de una oración. En cambio, el habla es analítica, se descompone en unidades básicas.
3. En cuanto a la propiedad metafórica de las acciones y entre ellas, las del gesto, según la teoría de la metáfora conceptual, nuestros sistemas conceptuales están estructurados en base a metáforas que se originan en experiencias corporales y espaciales entre las que se encuentran los gestos como acciones corporales, en especial la gesticulación (Cienki & Müller, 2009; Lakoff y Johnson, 1980). Un ejemplo es el caso de la etnia Aymará que se ha estudiado porque su gestualidad con respecto al tiempo difiere de la más comúnmente desarrollada. Del dominio base se toma la dimensión espacial adelante y atrás para conceptualizar en el dominio meta el tiempo. En general, se observa que el gesto que corresponde al futuro es el que señala hacia adelante del hablante, y al pasado el que señala hacia atrás. Sin embargo, en esta comunidad se da la orientación inversa. Esto efectivamente conlleva una concepción del tiempo diferente que está concentrada en este gesto (Lakoff y Johnson, 1980).

Bibliografía

- ARBIB & BOTA, Language evolution: neural homologues and neuroinformatics, en *Neural Netw.* 2003 Nov;16(9):1237-60.
- ARBIB, M. (2012) *How the Brain Got Language: The Mirror System Hypothesis.* Oxford University Press, New York

- CIENKI & MÜLLER, Metaphor and Gesture, *Journal of Linguistic Anthropology* Volume 19, Issue 2, pages 337–339, December 2009
- CLARK, A. (2011) *Supersizing the Mind: Embodiment, Action, and Cognitive Extension*, Oxford University Press, NY.
- FOGASSI, L., & FERRARI, P. F. (2004). “Mirror neurons, gesture and evolution of language.” *Interaction studies*, 5, 343–361.
- GOLDIN-MEADOW, S. (2003) *Hearing gesture: How our hands help us think*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- LAKOFF, G. and MARK, J. (1980) *Metaphors we Live by*. Chicago: Univ. Chicago Press.
- MCNEILL, D. (1992) *Hand and mind: What gestures reveal about thought*. Chicago: Univ. of Chicago Press.
- (2005) *Gesture and thought*. Chicago Press, London
- (2012) *How Language Began : Gesture and Speech in Human Evolution*. Cambridge Univ Press.
- RIZZOLATTI, G. and ARBIB, M. A. (1998) Language within our grasp. *Trends in Neurosciences*, 21(5):188--194.

Sobre la crítica de van Fraassen a la inferencia abductiva

Roberto Azar *, Bruno Borge **

1. Introducción

Stathis Psillos ha criticado los argumentos de Bas van Fraassen en contra de la abducción o inferencia a la mejor explicación (en adelante, IME), un modo de razonar que – según el autor – subyace a casi todas las defensas recientes del realismo científico. De acuerdo con Psillos, los argumentos de van Fraassen no sólo fracasan en socavar la IME, sino que, además, si ellos fueran exitosos, debilitarían igualmente a su propia posición empirista, pues la reducirían a un penoso escepticismo.

En un artículo publicado poco después en la misma revista en la que Psillos había presentado su sagaz crítica, van Fraassen – en colaboración con Ladyman, Douven y Horsten – parece subestimar a su objetor, al que acusa de cometer groseros errores de interpretación producto de su desconocimiento de la epistemología global empirista sustentada por el defensor del empirismo constructivo.

En el presente trabajo evaluaremos críticamente los argumentos y contra-argumentos más relevantes para, finalmente, esbozar una posible aplicación de la IME que debería culminar empleando todo empirista constructivo coherente, aun cuando van Fraassen se declare escéptico en relación a la inferencia abductiva.

2. Reconstrucción de los argumentos esgrimidos por Psillos contra la crítica de Fraassen a la IME

2.1. El argumento del mal lote

Psillos traza en primer término una distinción respecto de la IME: llama *horizontal* a la que infiere la verdad (o verdad aproximada) de una explicación que apela a entidades inobservadas, pero observables en principio, reservando el nombre de *vertical* para aquella que involucra inobservables. Esto es importante ya que el autor considera que su disputa con van Fraassen se restringe solo a la IME *vertical*.

El primer argumento en contra de la IME que Psillos evalúa ha sido llamado el *argumento del mal lote*, en palabras del propio van Fraassen:

Let us grant that scientists have effected an ordering of a set of theories T_1, \dots, T_n , all of which offer potential explanations of the evidence e and that they have sorted out which is the best explanation of e , say T_1 . In order for them to say that T_1 is the approximately true account of e , they must make a step beyond the comparative judgement that $[T_1]$

* Universidad de Buenos Aires

** Universidad de Buenos Aires, Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica

is better than its actual rivals'. They must make 'an ampliative step'. This step involves belief that the truth is already more likely to be found within the lot of theories available to them, than not. But our best theory may well be 'the best of a bad lot'. So, in order for the advocate of IBE to argue that IBE leads to truth, he must assume a Principle of Privilege. That is, he must assume that 'nature predisposes us to hit on the right range of hypotheses' (van Fraassen, 1989, p. 142)

Según Psillos, el argumento de van Fraassen señala el hecho de que resulta más probable que la verdad resida en una teoría que se encuentra fuera del rango de las disponibles, que en la que se destaque como la mejor de ese lote. Es claro que la posibilidad lógica de que eso suceda existe, pero no debería descartarse apresuradamente que, al menos en un cierto sentido, las teorías disponibles tengan algún privilegio por sobre aquellas que no han sido formuladas. Después de todo, de no invocar un privilegio semejante, el empirista constructivo corre idénticos riesgos de que la teoría que resulte empíricamente adecuada se encuentre también fuera del rango de las teorías disponibles.

Esa forma de privilegio epistémico es lo que Psillos llama 'el privilegio del conocimiento previo': el hecho de que los científicos apoyen sus investigaciones en la confianza que tienen respecto de teorías aceptadas los conduce a dos ventajas. En primer lugar, el conocimiento previo puede reducir drásticamente el rango de hipótesis que proporcionan una potencial explicación de la evidencia disponible, el segundo aspecto positivo consiste en que cuando el conocimiento de fondo no sugiere sólo una hipótesis teórica, las consideraciones explicativas, que forman parte integrante de la práctica científica, son invocadas para seleccionar la mejor entre las hipótesis que implican la evidencia.

Psillos está dispuesto a conceder que se cometería petición de principio si este privilegio (que apela al hecho de que los científicos sustentan y motorizan sus investigaciones sobre un bagaje de conocimientos aceptados) consistiera sin más en la asunción de que los científicos trabajan sobre una serie de supuestos verdaderos o aproximadamente verdaderos. Pero si bien el realista debe argumentar a favor de ello para combatir un escepticismo general respecto de la ciencia, no ocurre lo mismo en el caso de su combate con el empirista constructivo, ya que éste, al igual que el realista, presupone el conocimiento previo para sostener a la adecuación empírica como criterio de aceptación de teorías. Debe recordarse que una teoría es empíricamente adecuada si "salva los fenómenos" no solo actuales, sino pasados y futuros en cualquier región espaciotemporal. Es por ello que aun si se le concediese a van Fraassen que las teorías son aceptadas por ser no verdaderas sino empíricamente adecuadas, ello implicaría que para afirmar que la mejor teoría disponible lo es, es necesario formular un enunciado ampliativo que asegure que los científicos han efectivamente dado con una teoría empíricamente adecuada, lo que solo puede hacerse sobre la base de los conocimientos previos que han sustentado su adopción. Así, dado que tanto el realismo como el empirismo constructivo se ven forzados a admitir una suerte de privilegio epistémico a la hora de formular las nociones capitales de sus criterios de aceptación de teorías, la diferencia entre ellos termina reduciéndose a una cuestión de

principios respecto del “riesgo epistémico” que cada uno está dispuesto a correr, sea limitándose a la adecuación empírica, sea aventurándose a la verdad aproximada.

2.2. *El argumento de la indiferencia*

El segundo de los argumentos contra la IME atacados es bautizado por Psillos como ‘el argumento de la indiferencia’. Así lo presenta van Fraassen en *Laws and Symmetry*:

Let us grant that we have chosen the theory T that best explains evidence e . A great many of unborn hypotheses inconsistent with T explain e at least as well as T . Only one theory, either T or one of the hitherto unborn theories, is true. All the rest are false. Since concerning T we know nothing with respect to its truth-value other than it belongs to the (probably infinite) class of theories that explain e , we must treat it as ‘a random member of this class’. But then we may infer that T is very improbable. (van Fraassen, 1989, p 146)

Pero Psillos observa que el argumento de Van Fraassen descansa en una hipótesis muy controvertida, a saber, que lo único que sabemos acerca de la mejor teoría explicativa T es que pertenece a la clase (probablemente infinita) de teorías que explican igual de bien a la evidencia e . Pero esto es absurdo. Van Fraassen concede que T ha pasado varias pruebas y ha sido calificada como la mejor explicación de e . Luego afirma que T (la mejor explicación disponible de la evidencia) es tan probable como el resto de las explicaciones potenciales aún no formuladas de e . Con todo, para afirmar esto debe demostrar primero que siempre hay otras hipótesis potencialmente explicativas a ser descubiertas, que explican la evidencia al menos tan bien. Claro que siempre puede recurrirse a artilugios lógicos o agregados de notación para generar, a partir de T , teorías incompatibles con T pero empíricamente equivalentes, sin embargo eso no es de ningún modo suficiente para afirmar que T es igualmente probable que estas teorías alternativas. Parece razonable al menos demandar que esas teorías no sean subsidiarias de T , sino que gocen de un interés y estatus científico similar al de T .

Por otra parte, Psillos considera que incluso ignorando estas dificultades, dicho argumento opera de manera simétrica respecto del realismo y el empirismo constructivo, ya que los juicios acerca de la adecuación empírica son tan susceptibles al argumento de la indiferencia como los juicios acerca de la verdad. Si llamamos a nuestra mejor teoría actual, a la que ahora tenemos por empíricamente adecuada, T_{ca} , habrá infinitas teorías que serán consistentes con los datos finitos que T_{ca} salva, y que diferirán de ella únicamente en algún respecto observable ajeno a ellos. Sin embargo solo una de estas teorías es empíricamente adecuada. Pero dado que lo único que sabemos con respecto a la adecuación empírica de T_{ca} es que pertenece a la (probablemente infinita) clase de teorías que salvan los datos disponibles, deberíamos entonces tratar a T_{ca} como un miembro cualquiera de su clase y concluir entonces que T_{ca} no es probablemente empíricamente adecuada. Así que, para afirmar que T_{ca} es empíricamente adecuada debe justificar su posición de privilegio respecto de sus rivales aún no formuladas. Claro está que no podrá hacerlo apelando a la evidencia disponible, ya que por hipótesis todas la implican tan bien como T_{ca} , por lo que esa posición deberá justificarse por medio de alguna otra virtud confirmatoria (simplicidad, por

ejemplo) que sus rivales no poseen. Es por ello que concluye que el argumento de la indiferencia no establece que se debe tratar a la mejor explicación disponible como un miembro cualquiera de la clase de explicaciones potenciales (en su mayoría aún no formuladas) de la evidencia disponible. De hecho, resultó que si este razonamiento fuera correcto terminaría por probar demasiado. Pues también puede ser usado de modo igualmente efectivo contra el intento de van Fraassen para sustentar los juicios de adecuación empírica.

3. Respuestas de Ladyman, Douven, Horsten y Fraassen

Cabe decir, en primer término, que los autores no están de acuerdo con la distinción trazada por Psillos entre una variante *horizontal* y otra *vertical* de la IME. Según Psillos, si uno estuviera infiriendo hacia la verdad (probable y/o aproximada) de una explicación que involucra cosas inobservadas, pero en principio *observables*, diríamos que estamos ante una IME horizontal, mientras que si uno arribara a una explicación que involucra *inobservables*, se trataría de una IME vertical. De acuerdo con Psillos, es únicamente la IME vertical la que es cuestionada por los argumentos de van Fraassen. Ladyman, Douven, Horsten y el mismo van Fraassen consideran que este es un gran error, pero no les sorprende, pues creen que Psillos comete muchos otros errores de interpretación.

Con respecto a la crítica de Psillos a “The argument of the bad lot”, reconstruida en el apartado anterior, los autores afirman que la presentación de Psillos del mencionado argumento es claramente contenciosa. Él toma como premisa principal que “es más probable que la verdad se encuentre en el espacio de las hipótesis no descubiertas hasta el momento (*hitherto unborn hypotheses*)”. Luego, argumenta que van Fraassen coloca una demanda excesiva sobre el defensor de la IME, llamémosle, “mostrar que no hay posibilidad de error”. Semejante demanda implicaría una noción demasiado fuerte de la *garantía* que se requeriría para las conclusiones alcanzadas. En efecto, así sería; pero el punto – según los autores – es que Psillos primero tergiversa el argumento y después concluye demasiadas cosas a partir de su propia formulación.

En primer lugar, si van Fraassen estuviera diciendo que es *más probable* que la verdad se encuentre por fuera de las hipótesis disponibles, entonces para rebatir esto el proponente de la IME necesitaría sólo argumentar que es poco probable que esto sea así, y no necesitaría argumentar que es *imposible* que esto sea así, es decir, que no hay posibilidad de error. Por lo tanto, si el resumen de Psillos del argumento de van Fraassen es correcto, entonces su tesis acerca de lo que van Fraassen está demandando no puede serlo.

Si, por otra parte, prestamos atención al pasaje que Psillos cita vemos que lo que van Fraassen *realmente* argumenta es que ‘nuestra mejor teoría bien *podría* ser “la mejor de un mal lote”¹, no que es más probable que así sea. Esto es suficiente para el argumento, dado que la conexión entre la mejor explicación disponible y la verdad es sólo asegurada si es más probable que la verdad resida dentro del rango de hipótesis que están siendo consideradas. Por consiguiente, la IME no puede ser racionalmente compulente (*compelling*) a menos que supongamos el *privilegio*, es decir, que por una razón u otra estamos predispuestos (o, mejor dicho, los científicos están

predispuestos) a dar con las hipótesis correctas e incluirlas en el rango bajo consideración. Por lo tanto, mientras Psillos desafía a van Fraassen a mostrar que es más probable que la verdad se encuentre fuera del rango, van Fraassen sólo necesita pedirle al defensor de la IME razones para creer que la verdad está dentro de ese rango.

De hecho, Psillos parece conceder esto, dado que sostiene que nosotros *podemos* apelar a algún tipo de privilegio en este punto. Siguiendo explícitamente a R. Boyd en esto, él argumenta que los científicos no tienen que inventar (*think up*) hipótesis a partir de un conocimiento vacío; ellos pueden valerse del conocimiento de fondo disponible, incorporado en teorías ya aceptadas. Esta información podría seleccionar drásticamente el número de teorías entre las cuales la verdad debe ser encontrada. Como Psillos mismo concede, esta apelación parece conducirnos a una petición de principio. Pero él piensa que en una discusión con van Fraassen esto es legítimo. Dado que, él argumenta, el empirista además tendrá que invocar algún tipo de privilegio del conocimiento de fondo (*background-knowledge*). Sin semejante privilegio, el argumento de van Fraassen falla:

Let us suppose, for the sake of the argument, that scientists are not interested in choosing the theory which is more likely to be true, but, as van Fraassen would have it, that which is more likely to be empirically adequate. How can they know that the best theory that they have ended up with is not the most seemingly empirically adequate theory in a bad lot? In other words, how do they know that the real empirically adequate theory does not lie in the spectrum of hitherto unborn hypotheses? (van Fraassen, 1989, p. 142)

Según los autores, aquí Psillos está apelando a meras “preguntas retóricas”. Psillos desea responder que en el empirismo constructivo el científico es percibido como comprometido en algo así como la IME, digamos, inferencias a la adecuación empírica de las mejores hipótesis disponibles y, por lo tanto, debe igualmente depender de alguna suposición de privilegio epistémico. Psillos concluye (*ibid.*) que como ‘ incluso van Fraassen necesita creencias (provenientes del) conocimiento de fondo para apoyar sus tesis sobre la adecuación empírica, el desacuerdo entre el realista y el empirista puede sólo posar sobre el alcance del *privilegio* de los científicos.

Supongamos, por ahora, que *algún* científico está dispuesto a defender esto. Luego, a causa de una aparente mal interpretación del término “adecuación empírica”, la formulación de Psillos oculta el alcance en el cual esta apelación del empirista al conocimiento de fondo difiere de la apelación que el realista científico tiene que hacer. Si esto es correcto, como van Fraassen piensa, y como también creen algunos realistas científicos, que para cualquier teoría científica hay muchas teorías rivales empíricamente equivalentes, entonces es evidentemente erróneo hablar de “La teoría realmente empíricamente adecuada”, como lo hace Psillos. Hay, en ese caso, muchas teorías empíricamente adecuadas (toda teoría lógicamente equivalente a la teoría verdadera es empíricamente adecuada). Pero, entonces, cualquiera sea el privilegio al que el científico tuviera que apelar para sustentar su tesis de que al menos una teoría empíricamente

adecuada está entre aquellas que realmente tenemos, el realista tendría, como una cuestión de lógica, que apelar a un privilegio indefinidamente más fuerte. Más aún, no es en absoluto evidente que la diferencia entre el realista y el empirista sea, como piensa Psillos, sólo una cuestión de menos o más de la misma cosa, una diferencia meramente cualitativa más que una diferencia de principios. Porque incluso si el científico (así representado) no pudiera salir adelante sin recurrir a algún tipo de *privilegio*, ¿Por qué eso tiene que ser un llamado a la *verdad* de las teorías de fondo, más que una apelación a su *adecuación empírica*?

Ciertamente el realista toma un riesgo epistémico extra creyendo que las teorías de fondo son aproximadamente verdaderas más bien que sólo empíricamente adecuadas. Pero aunque debe concedérsele al empirista que la creencia en la verdad aproximada de nuestras teorías de fondo no puede ser más segura que la creencia de que esas teorías son empíricamente adecuadas, la primera creencia “puede ser suficientemente segura para garantizar el riesgo extra que uno toma al afirmar que las teorías de fondo son aproximadamente verdaderas”. Además,

taking an extra risk is the necessary consequence of aspiring to push back the frontiers of ignorance and to get to know more things, in particular about unobservable causes of the phenomena. In taking this extra risk, the realist wants to know more about scientific theories than the constructive empiricist. (Psillos, 1996. p 42)

El riesgo adicional en cuestión se toma con el fin de tener la posibilidad de algo que los realistas consideran un gran beneficio –conocimiento o al menos opinión verdadera acerca de “las causas inobservables de los fenómenos”–. Pero sabemos que los empiristas no ven ningún valor en esto y consideran el carácter de este supuesto beneficio como enredado en *confusión filosófica*. Por otro lado, los realistas científicos tienen argumentos para defender su opinión de que los científicos se valen de una creencia en la verdad de sus teorías de fondo aceptadas, y que portar semejante creencia es la única opción razonable. Pero sus mejores argumentos conocidos a favor de esta tesis dependen de la IME, la legitimidad de la cual está en juego.

La confianza de Psillos en que la creencia en la verdad aproximada de las teorías aceptadas “puede ser suficientemente segura” podría parecer sugerir que tiene algo nuevo para decir en defensa de la IME. Pero no es así, al menos en el artículo analizado. Sus argumentos *tu quoque* en contra de una visión de la ciencia como impulsada por alguna putativa análoga empirista a la IME son, por ende, no concluyentes. También están fuera de lugar si el argumento del mal lote es considerado simplemente por sí mismo, como una crítica de la IME, más bien que en el contexto de alguna epistemología empirista hipotética que podría acompañarlo.

Dirigiéndonos ahora a la crítica de Psillos a “The argument from indifference”, también reseñada en el apartado anterior, los autores comienzan señalando que tal argumento bien podría ser reformulado de modo tal que no se haga ninguna presuposición acerca de la existencia de los rivales de T mientras que su punto esencial se deje intacto.

En primer lugar, vamos a suponer por un momento que realmente somos privilegiados en el sentido que se señaló anteriormente – ninguna de las hipótesis aún no descubiertas ofrece

una mejor explicación de la evidencia que la mejor de aquellas a la que los científicos han llegado –. Incluso esto no sería suficiente para concluir que la IME es aceptable. Para arribar a esa conclusión se requeriría (al menos) una premisa adicional: que hay (casi) siempre una *única* mejor explicación, i.e., que el orden de explicaciones para e de acuerdo a algún *standard* de “bondad” casi siempre tiene un elemento mejor. Pero ¿Qué justificación hay para esta premisa?

En segundo lugar, y esto es más importante, para que el argumento de la indiferencia esté completo es irrelevante si T *posiblemente* es un miembro aleatorio de una clase de explicaciones igualmente buenas o si T *realmente* es un miembro aleatorio de semejante clase; *podría* haber rivales de T igualmente buenas. Eso ya es suficiente para que el argumento funcione.

Se podría objetar que, aunque la mera posibilidad de que toda teoría tenga rivales igualmente buenas entre las hipótesis aún no descubiertas es suficiente para que el argumento del empirista se sostenga bien, la mera posibilidad no resulta suficiente para hacer del empirismo constructivo una posición rival interesante al realismo científico (del mismo modo que la mera posibilidad de que seamos todos cerebros en una cubeta no hace del escepticismo una posición epistemológica interesante).

En tercer lugar, sin embargo, sabemos que no se trata de una mera posibilidad aquí. La física fundamental nos provee algunos ejemplos bien conocidos de teorías empíricamente equivalentes. Por supuesto que el empirismo pretende ser una filosofía de la ciencia general, no sólo una filosofía de la física alternativa. Los realistas han argumentado recientemente que la ocurrencia de rivales empíricamente equivalentes en la física podría bien ser bastante excepcional a causa de algunas características altamente peculiares de la física en sí misma. Por lo tanto, no podemos simplemente generalizar a las otras ciencias la situación de la física. Es cierto que hay más que decir acerca de en qué medida el argumento de la indiferencia desafía a la IME.

De hecho, Psillos tiene más que decir acerca del argumento de la indiferencia. Él afirma que, si fuera correcto, el argumento socavaría al empirismo constructivo no menos que al realismo científico. Si llamamos a nuestra mejor teoría actual, a la que ahora proyectamos como empíricamente adecuada, T_{ca} , sabemos que los empiristas constructivos

aim to avoid bald scepticism and retain grounded judgements of empirical adequacy... They ... need to resist the claim that T_{ca} ... is just a random member of the class of theories (most of which are hitherto unborn) that also save the phenomena. In order, however, to place T_{ca} in a privileged position vis a vis its unborn rivals, they must show that T_{ca} is much more likely to be empirically adequate than its unborn rivals. (Psillos, 1996. p 45)

Pero, continúa Psillos, semejante juicio debe estar fundado sobre algo adicional a los datos, dado que *ex hipótesis*, los datos por sí solos no nos permiten decidir entre T_{ca} y sus rivales.

Para empezar – señalan los autores –, se puede ver fácilmente que el pasaje citado está basado en la misma mal interpretación del término “adecuación empírica” que hemos encontrado anteriormente. ¿Cómo puede van Fraassen, quien aparentemente cree que debe

haber indefinidamente muchas rivales igualmente buenas de cualquier teoría científica, querer argumentar que T_{ca} es privilegiada con respecto a sus rivales aún no descubiertas? Si T_{ca} es realmente empíricamente adecuada, entonces todas las hipótesis no descubiertas aún que encajen igualmente bien con los datos son *ipso facto* empíricamente adecuadas y, por lo tanto, están a la par con T_{ca} .

4. Conclusiones

En una polémica reciente con van Fraassen, James Ladyman ha sostenido que el modo en el que el empirista constructivo define el concepto de ‘observable’ (central para la noción de adecuación empírica) termina por comprometerlo con un realismo modal, i.e., con un realismo acerca de necesidades *in re*. Si bien van Fraassen ha intentado cuestionar esa consecuencia, en una réplica (escrita en colaboración con Bradley Monton) ha sostenido que el realismo modal y el empirismo constructivo son perfectamente compatibles. De hecho “es más fácil para un realista modal que para cualquier otro ser un empirista constructivo” (Monton and van Fraassen, 2003, 416). El punto de van Fraassen es que de lo que *esencialmente* se trata el empirismo constructivo es de una posición acerca del objetivo de la ciencia, i.e, la adecuación empírica, y por lo tanto es, al menos en sus tesis fundamentales, compatible con cualquier otra posición que permita sostener tal punto. Inclusive con el realismo modal.

Dada entonces su tesis de la compatibilidad del empirismo constructivo con el Realismo Modal, creemos que van Fraassen bien podría aceptar una versión debilitada, tal que no se comprometa con la tesis fuerte de los realistas científicos, según la cual las teorías científicas actuales son verdaderas o aproximadamente verdaderas, sino simplemente con el hecho de que las teorías científicas actuales dan cuenta de (o reflejan) algunos hechos modales que configuran una estructura modal objetiva del mundo. En tal sentido, partiendo de que la ciencia es innegablemente exitosa (i.e., nuestras mejores teorías son empíricamente adecuadas) y de que existen hechos modales objetivos, podría concluir que la mejor explicación del éxito de la ciencia es que nuestras mejores teorías dan cuenta de la estructura modal del mundo. Ahora bien, ¿no es esta una nueva aplicación de la IME? Si así fuera, deberíamos concluir que aun cuando van Fraassen se muestre escéptico en relación a la IME, argumentando que no es una regla que nos compela racionalmente a aceptar sus conclusiones, hemos bosquejado un posible uso de la IME que debería terminar empleando todo empirista constructivo consistente.

Notas

1. B. van Fraassen, *Laws and Symmetry* (Oxford UP, 1989, hereafter ‘LS’), pp. 142-3.

Bibliografía

LADYMAN, J. (2000). What’s really wrong with constructive empiricism? Van Fraassen and the metaphysics of modality. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 51(4), 837-856.

- LADYMAN, J. (2004). Constructive empiricism and modal metaphysics: A reply to Monton and van Fraassen. *The British journal for the philosophy of science*, 55(4), 755-765.
- LADYMAN, J., DOUVEN, I., HORSTEN, L., & FRAASSEN, B. (1997). A defence of van Fraassen's critique of abductive inference: Reply to Psillos. *The Philosophical Quarterly*, 47(188), 305-321.
- MONTON, B., & VAN FRAASSEN, B. C. (2003). Constructive empiricism and modal nominalism. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 54(3), 405-422.
- PSILLOS, S. (1996). On van Fraassen's critique of abductive reasoning. *The Philosophical Quarterly*, 31-47.
- VAN FRAASSEN, B. C. (1985) Empiricism and the philosophy of science. Pp. 245–308, in: Churchland, Paul M. & Hooker, Clifford A. (eds.), *Images of Science: Essays on Realism and Empiricism with a Reply by B. C. van Fraassen.*. Chicago: Chicago University Press.
- VAN FRAASSEN, B. C. (1980). *The Scientific Image*, Oxford: Oxford University Press.
- VAN FRAASSEN, B. C. (1989) *Laws and Symmetry*, Oxford: Clarendon Press.

Mecanismo de Anticítera: uma dinâmica de representação do Cosmos

*Beatriz Bandeira**

1. Introdução

Com uma estrutura incrivelmente fascinante, o mecanismo de Anticítera século II a.C mostra através do funcionamento de suas engrenagens, informações sobre posições e movimentos do Sol, da Lua, dos planetas, inscrições de um parapegma, bem como estrutura dos calendários Metônico e Saros. Sua dinâmica de representação do Cosmos continua sendo fonte de inspiração investigativa para vários pesquisadores. Neste artigo pretende-se comentar sobre o estado atual destas investigações.

2. Dinâmica de representação do Cosmos

Desde sua descoberta (1900), o mecanismo de Anticítera, um importante instrumento astronômico do século. II a.C composto pelos principais fragmentos A-G e outros 75 menores (ver figura 1) e com uma estrutura incrivelmente desafiadora, tem causado inquietação à vários pesquisadores.

Na parte da frente do dispositivo foram identificadas duas escalas concêntricas (Price, 1974): uma interna e outra externa. A interna exibe a escala do zodíaco dividida em 12 sessões com nomes gregos e permite localizar a posição do Sol, da Lua e dos planetas em relação às estrelas fixas. A externa, dividida em 365 partes corresponde aos dias do ano segundo o calendário Egípcio, que era usado pelos gregos para fins astronômicos.

No centro destas duas escalas giram dois ponteiros, um para o Sol, outro para Lua em ritmos diferentes. Também revelaram a presença dos cinco planetas (Wright, 2002a, 200b, Freeth et al., 2006, 2008) conhecidos na época e, inscrições de um parapegma (Price, 1974) nas partes superior e inferior do dispositivo.

Na parte de trás do mecanismo, constataram (Freeth et al., 2006, 2008) dois grandes mostradores: o primeiro, localizado na parte superior, corresponde ao calendário Metônico com 235 células (cada célula representa um mês sinódico), com dois relógios subsidiários incluídos em seu interior: um que mostra o ciclo Calípico e outro que indica os Jogos Pan-Helênicos.

O segundo mostrador, localizado na parte inferior, corresponde ao calendário Saros dividido em 223 células (cada célula corresponde a um mês sinódico) de previsão de eclipses lunar (Σ) ou solar (H), horas de ocorrências de cada eclipse e, sua visibilidade ou não. Neste mesmo calendário, há um relógio subsidiário, o Exeligmos, com um ponteiro que indica (H) se havia necessidade de somar 8 horas (Jones, 2012), (I ζ) 16 ou (0) nenhuma ao valor que aparecia na célula.

Assim compreendidas, estas descobertas e constatações nos permitem detalhar sobre o estado atual das investigações relacionadas ao Cosmos de Anticítera, conforme veremos na sessão que segue.

* Universidad Nacional Tres de Febrero

3. Estado atual destas investigações

3.1 Sol

3.1.1 Evans et al. (2010)

A partir das propostas iniciais de Price (1974), Wright (2002, 2003) e Freeth et al. (2006), nas quais o movimento do Sol já havia sido tratado, Evans et al. (2010), propuseram que o dispositivo de Anticítera incluía no monitor frontal a anomalia no movimento angular do Sol de uma maneira econômica, ou seja, por meio de um único ponteiro para a data no ano Egípcio e o lugar verdadeiro do Sol na escala do Zodíaco (eZ).

Evans et al. (2010) analisaram os dois círculos excêntricos (parte parcial do fragmento C) com divisão uniforme da eZ para mostrar um panorama distinto, dando à história da astronomia uma nova noção de funcionamento de um aparato antigo que, funciona muito bem no período contemporâneo, o que culminou no reconhecimento da divisão não uniforme da eZ no mecanismo de Anticítera.

Estes investigadores (Evans et al., 2010), fizeram medições das escalas: do zodíaco dividida uniformemente em intervalos de 30 graus (somando um total de 360 graus) e da escala do calendário Egípcio, dividida em 365 dias e, compararam com a escala dividida de maneira desuniforme (ver figura 2) que se apresentava em determinados signos do zodíaco.

As evidências para este tipo de desuniformidade foram constatadas, por exemplo, no zodíaco de Libra em 29 graus (Libra 0 para 29) correspondendo a um intervalo de 13,5 dias de *Pachon* (nome do mês) para o dia 12 de *Payni* (nome do mês), um intervalo de 28,5. Neste caso, há 365 dias no calendário Egípcio, e, se os círculos concêntricos fossem uniformemente divididos, teriam que se esperar justamente o contrário, 29 graus deveria estar correspondendo a 29,4 dias.

Evans et al. (2010) verificaram também, a presença de dois espaços: um na longitude 235 graus (dia 69), e outro, nas longitudes 213 graus-212 graus (dias 46-47), o que permitiu estes investigadores contar os dias (31-61) onde começa e termina o mês *Payni* (separado por 30 dias), inserir as duas marcas para os dias (46-47) e também, tomar o dia (69) como sendo a distância entre as marcas (68-70) com a diferença de 2,48mm, obtendo assim, a distância média de 1,28mm e, comprovando que há somente uma marca entre os dias (68-70).

A partir destas longitudes, estes pesquisadores (Evans et al. (2010) perceberam que, se as duas escalas fossem realmente divididas uniformemente não haveria mudança na longitude verdadeira do Sol na escala do zodíaco.

Assim, com esta comprovação de desuniformidade na escala do zodíaco demonstraram que a anomalia solar está representada no mecanismo de Anticítera por meio de um único ponteiro (ver figura 3) que mostrava tanto a posição do Sol com sua verdadeira longitude no zodíaco equívocado por 2,5 graus em alguma parte do ano, quanto o dia do ano no calendário Egípcio.

Além da comprovação da desuniformidade da eZ e da anomalia solar presente no mecanismo de Anticítera, Evans et al. (2010) conjecturam também, que, provavelmente o

dispositivo pode ter indicado os principais eventos dos ciclos sinódicos dos planetas com seus centros no eixo b1 (engrenagem solar) através de mostradores subsidiários conforme veremos ainda neste artigo no item 3.3.

3.2 *Lua*

3.2.1 *Carman (2014)*

Um outro detalhe sobre a mecânica de funcionamento da Lua, refere-se a direção do eixo lunar mostrado no aparato de Anticítera (fragmento C parte de trás). Wright (2005a), que posicionou a direção da engrenagem da coroa com seus dentes direcionados para longe do centro sugerindo que, pelo desgaste das peças (que ficaram submersas no fundo do mar por mais de 2000 anos) o mecanismo teria se desmontado e remontado incorretamente. Freeth et al. (2006, 2008, 2012), propuseram uma solução simples para esse problema adicionando duas engrenagens que ligam a coroa dentada com os seus dentes apontando para longe do eixo de uma engrenagem fixa ao eixo solar somando um total de quatro engrenagens (z/y e u/x).

Na solução para o eixo lunar (Freeth et al., 2006, 2008, 2012), a engrenagem u é fixada ao eixo solar e , por conseguinte, gira o período solar u , move x que tem o mesmo número de dentes e , assim, ela roda com a mesma velocidade, mas no sentido oposto. Enquanto y é fixada a x que roda à mesma velocidade sendo que, y tem o mesmo número de dentes que a engrenagem da coroa z para movê-la.

Este dispositivo produz exatamente o mesmo resultado que a proposta de Wright (2005a), permitindo que os dentes da engrenagem da coroa mantenham-se para na direção existente (ver figuras 4-6).

Carman (2014) tomou como referência as duas propostas (Wright, 2005a, Freeth et al., 2006, 2008, 2012) e mostrou (em comunicação privada), que a remontagem incorreta de Wright (2005a) poderia ser descartada visto que, não há razão para aplicá-la. Ofereceu uma explicação conjectural para a posição atual da Lua (Freeth et al., 2006, 2008, 2012) fundamentado na dicotomia da quadratura de Aristarco de Samos (310-230a.C) e, conjecturou a aplicação do dispositivo de *pin and slot* aos dois pares de engrenagens com números de dentes iguais (ver figura 7).

Esse sistema, por sua vez, não altera o período de rotação, mas, produz um movimento desuniforme da engrenagem de saída. Nesta adaptação, o movimento do globo lunar teria que ser não uniforme, levaria mais tempo para ir da primeira para a segunda dicotomia, do que da segunda para a primeira, o que resultaria na diferença de um dia (Aristarco de Samos-310-230 a.C), também indicado no calendário Egípcio do mecanismo. (cf. Evans et al., 2010).

Esta conjectura de Carman (2014) dá uma nova luz à proposta do dispositivo de *pin and slot*, que, até agora foi sempre sugerida como uma expressão mecânica de um sistema de excêntrico ou epiciclo, aplicado não só para representar a anomalia da lunar, mas, também, para as novas propostas de representação dos movimentos de anomalia dos planetas no mecanismo, tema este, que será tratado em seguida.

3.3 Propostas Planetárias

3.3.1 Evans et al. (2010)

Outra questão ainda não resolvida, e tratada por vários autores, refere-se à exibição planetária no fragmento A (parte da frente), conhecido atualmente como engrenagem principal (b1) do dispositivo de Anticítera.

Uma maneira distinta de interpretar as posições dos planetas no mecanismo foi realizada por Wright (2002b), que baseado na proposta de Price (1974) e na teoria dos epiciclos de Apolônio de Perga (fl. C. 200 a.C), relatado por Ptolomeu no *Almagesto* (Toomer, 1984), construiu seu modelo planetário com um ponteiro para cada um dos planetas. (cf. Wright & Bromley 2003, Wright 2003).

A partir destas propostas, e com base nas inscrições que incluem referências detalhadas para o comportamento sinódico de Vênus (Afrodite) e o uso de palavras que representavam “pontos estacionários” (Freeth et al., 2006), pela primeira vez, Evans et al. (2010) propuseram que, as posições dos planetas não pareciam estar representadas por cinco agulhas concêntricas, e sim, por cinco pequenos relógios subsidiários (ver figura 8) na parte da frente do dispositivo. Cada um destes relógios assinalando não a posição, e sim, certos fenômenos característicos dos planetas que eram importantes na época, sua primeira aparição, sua ocultação, e, o começo e o final de suas retrogradações.

Centrados na possibilidade de, as posições e movimentos retrógrados dos planetas (epiciclo e deferente) em torno do zodíaco serem indicadas por ponteiros, Evans et al. (2010) demonstraram como funcionariam os mostradores de cada um dos planetas na engrenagem b1.

Incluíram todos os planetas a partir dos Textos Cuneiformes Astronômicos (ACT) (Toomer, 1984:424), que se baseiam em um período relativamente mais preciso. (cf. Neugebauer, 1955:300). Nesse contexto, o planeta Vênus em especial, foi representado no mecanismo de Anticítera com a relação baseada em: 5 ciclos sinódicos=8 anos, que corresponde a uma proporção de 1151/720, pelo fato de que não seria possível contruir ou representar o raio de uma engrenagem com 1151 dentes devido ao seu grande tamanho.

Assim, com esta proposta, estes investigadores (Evans et al., 2010) mostraram com detalhes, uma cinemática das engrenagens representando os cinco planetas por cinco pequenos relógios subsidiários acomodados na engrenagem b1 e, também conjecturaram que nesta mesma engrenagem, poderia haver uma pequena janela que seria correspondente às estações do ano (ver figura 9).

3.3.2. Carman et al. (2012, 2013)

Uma nova proposta com a transferência do dispositivo de *pin and slot* (Freeth et al., 2008, 2012), utilizado no arranjo de engrenagens para representar o movimento de anomalia lunar baseado na teoria de Hiparco (ver figura 10), foi adaptada por Carman et al. (2012, 2013) para representar os planetas (ver figura 11).

A proposta de Carman et al. (2012, 2013), segue a ideia do modelo planetário de Wright

(2002a, 2002b) e, fundamentados nos períodos ACT determinaram as engrenagens para representar os planetas de acordo com a relação período sideral e anomalístico por envolver números pequenos e inteiros (Evans et al., 2010).

Estes pesquisadores conjecturaram que os planetas superiores poderiam ser ajustados no disco (b1) por meio de eixos excêntricos e, posteriormente foram aplicadas aos planetas inferiores.

Desta maneira, ao propor a solução de aplicação do mecanismo de *pin and slot* para representar todos os planetas (superiores e inferiores) na engrenagem b1 do aparato de Anticítera, os investigadores Carman et al. (2012, 2013) demonstram que este *insight* planetário funciona muito bem na representação dos movimentos de retrogradação dos planetas que, também foi aplicado por Freeth e Jones (2012) conforme veremos a seguir no item que segue.

3.3.3 Freeth e Jones (2012)

A partir do contexto de aplicação do modelo de *pin and slot* para os planetas superiores e inferiores (Carman et al., 2012, 2013), uma proposta conjectural muito parecida, porém, com mais detalhes nas conexões dos planetas foi apresentada por Freeth e Jones (2012), que propuseram o “Cosmos” geocêntrico. Um modelo computacional de representação planetária que inclui ponteiros com pequenas esferas coloridas irradiados a partir do eixo central para todos os planetas na escala do zodíaco (ver figura 12).

Neste modelo, o sistema de ponteiros foi mantido e, cada um dos planetas está representado com pequenas esferas em diferentes distâncias ao longo dos ponteiros que representam suas órbitas geocêntricas na antiga ordem grega. Cada uma das esferas é mostrada de maneira específica, sendo: a Lua (metade prata metade branca), Mercúrio (azul turquesa), Vênus (azul), Sol (ouro), Marte (ônix vermelha), Júpiter (cristal branco) e Saturno (preto).

Freeth e Jones (2012) propuseram uma solução econômica e elegante que, inclui os planetas e seus movimentos de gradação e retrogradação construindo um sistema de representação com quatro engrenagens para cada um dos planetas superiores (Marte, Júpiter e Saturno), somando um total de 12 engrenagens com a aplicação do sistema de *pin and slot* para modelar suas fases sinódicas, e, um sistema de montagem diferente, com seis engrenagens para cada um dos planetas inferiores (Vênus, Mercúrio) e para a anomalia solar incluindo assim, um total de 18 engrenagens.

Em princípio, os esquemas de Freeth e Jones (2012) são idênticos aos de Carman et al. (2012, 2013), ou seja, a anomalia de cada planeta é modelada pelo dispositivo de *pin and slot* sobre a concepção de um conjunto de base encontrado no mecanismo original. O diferencial dos esquemas de Freeth e Jones (2012) está na organização dos planetas na engrenagem b1, em função das inscrições encontradas com os nomes dos planetas, a palavra “Cosmos”, os pilares, ponteiros e esferas, que possibilitaram aos autores uma reconstrução com maior riqueza de detalhes permitindo assim, a exibição completa do Cosmos no mecanismo de Anticítera.

Neste contexto de descobrimento, a reconstrução planetária de Freeth e Jones (2012) bem como outras (Evans et al., 2010, Carman et al., 2012) na parte da frente do dispositivo, motivaram Wright (2013), a tratar com maiores detalhes a disposição das engrenagens do seu

primeiro modelo (Wright, 2002a, 2002b) readaptando-o aos valores das relações e períodos para posicionar e fazer funcionar o planeta Vênus no mecanismo de Anticítera conforme veremos abaixo.

3.3.4 Wright (2013)

Em função da decodificação do número 462 (Jones, 1999, 82, texto 4135) no fragmento G (já citado por Price, 1974) do dispositivo de Anticítera, que teria associação com o nome do planeta Vênus com a relação 462/289, Wright (2013) apresentou sobre seu primeiro modelo planetário (Wright, 2002a, 2002b) proporções de arranjos de engrenagens alternativas (ver figura 13) para cada um dos planetas dando ênfase ao planeta Vênus (devido ao seu maior grau de dificuldade de ajuste em seu arranjo) inicialmente apresentado (Evans et al., 2010, Carman et al., 2012) com o período de relação ACT de 1151 anos siderais=720 períodos sinódicos.

Logo, Wright (2013) usou como suporte em sua proposta a teoria matemática de Fowler (1987), para fatorar os termos e reduzir à simples movimentação mecânica uma relação que tem condições muito grandes, como no caso da relação de Vênus.

Neste novo modelo, cada um dos planetas está distribuído de maneira idêntica ao seu primeiro modelo planetário (2002a, 2002b), o diferencial está na fatoração das relações planetárias realizadas por este investigador.

Este autor demonstrou que é possível, substituir os trens das engrenagens ACT dos planetas pelo seu novo modelo de fatoração e, distribuiu cada um dos planetas de maneira igual ao seu primeiro modelo planetário sendo que, para Vênus ele fatorou a relação 462/289.

Utilizando-se de trens de três ou dois pares de engrenagens com uma roda livre, sendo a segunda roda do primeiro par de rotações em conjunto com a primeira roda do segundo par e assim por diante, Wright (2013) obteve a rotação dos epiciclos no sentido correto e, demonstrou uma nova perspectiva relacionada ao planeta Vênus, que pode ser acomodado a partir da reconstrução fatorada 462/289 produzindo assim, uma melhor aproximação para o seu período anomalístico, que pode ser obtida pelo uso de um par simples de rodas de tamanho razoável satisfazendo o critério de precisão.

Cabe salientar aqui, que além do grande interesse pela disposição e funcionamento dos planetas inferiores e superiores na parte da frente do mecanismo, as estrelas com suas magnitudes também foram investigadas por outros pesquisadores que buscaram encontrar a partir das inscrições de um parapegma (Price, 1974), possíveis trajetórias para a construção e uso do aparato, tema este que será tratado com mais detalhes no item que segue.

4. Estrelas

4.1 Anastasiou et al. (2013)

As estrelas são representadas por um mostrador graduado fixo, ou seja, um Parapegma com inscrições com nove linhas de textos (lidas por Price, 1974) acima e abaixo do mostrador central com registros de fenômenos astronômicos indicando a entrada e a saída das estrelas que

podem ser observadas.

Considerando que, a ocorrência destes eventos durante o ano depende das latitudes geográficas e também de um calendário anual, Anastasiou, et al. (2013) investigaram a ordem das latitudes para determinar uma possível região para a construção e uso do mecanismo de Anticítera.

Estes pesquisadores tomaram como referência investigativa o fragmento C (parte da frente) do dispositivo, no qual há duas peças interligadas C1a e C1b (cf. Freeth et al., 2006, 2007), que descrevem os fenômenos astronômicos em cada uma das nove linhas sendo que cada uma das linhas começa com letras do alfabeto grego (K, Λ, Μ, Ν, Ξ, Ο, Π, Ρ, Σ) em sua ordem (ver figura 14).

No prato C1-a estão representados os seis eventos das estrelas, que surgem (ΕΠΙΤΕΛΛΕΙ), que se põem (ΔΥΝΕΙ), complementado pelos adjetivos pela manhã (ΕΩΙΟΣ) ou (ΕΣΠΕΡΙΟΣ) à noite, indicando que o Sol está a Leste ou Oeste respectivamente. Assim, combinando as posições das estrelas e do Sol, quatro eventos são formados: estrela que surge ao amanhecer (*er*), estrela que se põe ao amanhecer (*ms*), estrela que surge ao anoitecer (*er*) e estrela que se põe (*es*) ao anoitecer (cf. Evans, 1998).

No prato C₁-b estão representados os eventos que correspondem aos três signos dos zodíacos seguidos pelas frases APXETAI/APXONTAI ANATEΛΛΕΙΝ/ΕΠΙΤΕΛΛΕΙΝ, usados na Grécia antiga e, também citados nos parapegmas de Geminus, Cálipo e Eudoxo. (cf. Anastasiou et al., 2013:174).

Sabendo-se que a visibilidade de uma estrela no céu era determinada por comparação de magnitude, os investigadores (Anastasiou et al., 2013) utilizaram dois tipos de análises: a de Nawar (1983) e de Koomen et al. (1952) para calcular os eventos do prato C1-a e C1-b e indicar as posições das estrelas no parapegma de Anticítera. Tomaram também, como referência para os cálculos destes eventos, as latitudes entre 25°N-45°N, levando em conta a precessão do equinócio (Duffett Smith, 1990), e os anos entre 150 a. C -100 a.C (Freeth et al, 2012) em função de que os resultados seriam os mesmos para qualquer data entre os anos 100 a.C-200 a.C.

Com a interpretação da ordem dos eventos das estrelas a partir das análises (Nawar, 1983 e Koomer et al., 1952), Anastasiou et al. (2013) identificaram que, os eventos de Vega e Arcturus são iguais nos mesmos dias e mesmas latitudes. Esta definição possibilitou calcular a sequência de erros dos eventos dos zodíacos na ordem mencionada no parapegma do dispositivo de Anticítera. Logo, para as latitudes entre 25°N-45°N obtiveram (Anastasiou et al., 2013) os valores de K=0,17, 0,23, 0,30 mostrando que, às vezes, a ordem de aparição das estrelas muda com as latitudes.

Esta sequência de erros foi tomada como guia, para determinar as latitudes dos seis eventos inscritos no prato C1-a do mecanismo de Anticítera. Para k=0,17 temos a sequência de eventos do parapegma na latitude 34,0°N para o valor de Nawar e 34,5°N para o valor de Koomen. (cf. Anastasiou et al., 2013:177-178).

Em resumo, cabe enfatizar que, mesmo com um número pequeno de eventos preservados

no parapegma, as melhores latitudes encontradas (Anastasiou, et al., 2013) para todos os casos de valores de brilho considerados em k (eventos estelares e zodíacos do parapegma) ficaram entre $30,3^{\circ}\text{N}$ e $38,5^{\circ}\text{N}$, e que as latitudes entre $33,3^{\circ}\text{N}$ - $37,0^{\circ}\text{N}$ estão localizadas, em zonas adjacentes às cidades gregas de Rodes $36,4^{\circ}\text{N}$ e Siracusa $37,1^{\circ}\text{N}$ (já conjecturadas por Price, 1974, Freeth et al., 2008) possíveis regiões para a construção e uso do dispositivo.

Além dos dados desvelados no parapegma de Anticítera sobre as possíveis trajetórias para a construção e uso do aparato, Anastasiou et al. (2014) foram conduzidos a outras investigações, relacionadas a construção do ponteiro do mostrador Metônico e aos tipos de espirais com que foram construídos os mostradores Metônico e Saros da parte de trás do mecanismo, conforme veremos no próximo tópico.

5. Metônico e Saros

5.1 Anastasiou et al. (2014)

Com relação a estrutura dos dois calendários Metônico e Saros (parte de trás), Anastasiou et al. (2014) analisaram a construção das espirais de cinco voltas (parte superior no fragmento B) e das espirais de quatro voltas (parte inferior nos fragmentos A, E e F) comparando-as com dois tipos de construções de espirais: de Arquimedes e semicírculos.

Neste mesmo contexto investigativo, estes pesquisadores constataram que o mês MAXANEYΣ (Machaneus) (cf. Freeth et al, 2008), se repete em duas células consecutivas: a 128 e a 129. Solucionaram a contagem de duração dos meses do ano que, oras se apresentavam com 12 meses, oras com 13 meses (Freeth et al., 2008), definindo assim, que os anos do calendário Metônico são todos de 12 meses. Também identificaram que, a célula 61 do calendário de Saros mostra a letra Σ que representa o eclipse lunar.

Anastasiou et al. (2014) compararam o tipo de espiral Metônico analisando tomografias computadorizadas do fragmento B, parte do ponteiro posteriormente reconstruído e, inscrições de textos em grego. Em relação ao Saros, tomaram como referência os fragmentos A, E e G, sendo que, para a análise principal da investigação da reconstrução da espiral de Saros usaram somente o fragmento A (ver figura 15).

Reconstruíram os mostradores dos calendários Metônico e Saros comparando-os com o tipo de espiral de Arquimedes (287-212 a.C), caracterizado pelo seu raio proporcional ao ângulo de rotação e , e o semicírculo elaborado a partir de dois centros diferentes, o centro do círculo e o centro do ponteiro (já relatados por Wright, 2003 e apoiado por Freeth et al, 2006).

Colocaram (Anastasiou et al., 2014) a prova a construção dos dois tipos de espirais, dividindo os mostradores Metônico e Saros em 10 linhas radiais quase igualmente espaçadas, mediram os raios em milímetros, os ângulos em graus e compararam com o ângulo ideal correspondendo às divisões das células, da seguinte maneira: para o Metônico dividido em cinco voltas de espiral com 235 meses a correspondência é: $5 \text{ voltas} \times 360^{\circ} = 7.65957^{\circ}$ e, para o Saros dividido em quatro voltas de espiral com 223 meses a correspondência é: $4 \text{ voltas} \times 360^{\circ}$

= 6.45740°.

Os resultados mostraram que os calendários Metônico e Saros da parte de trás do dispositivo de Anticítera foram desenhados em semicírculos (ver figura 16), com espirais projetadas a partir de dois centros diferentes (excêntricos), representados na espiral do calendário Metônico sendo o centro do fragmento B igual ao centro do semicírculo enquanto, no mostrador de Saros o centro do fragmento é diferente do centro do semicírculo.

6. Conclusão

Tendo em vista as propostas apresentadas, pode-se afirmar que o mais antigo dispositivo astronômico do mundo, o mecanismo de Anticítera tornou-se amplamente conhecido por sua dinâmica de representação do Cosmos, mostrando em um único dispositivo, informações sobre posições e movimentos do Sol, da Lua, dos planetas, inscrições de um parapegma, bem como estrutura de calendários.

Em consequência disso, vale mencionar que, existem outras investigações relacionadas à nova rota para a antiga descoberta dos modelos de excêntrico e epiciclo (Evans e Carman, 2013), à datação do mecanismo (Carman e Evans, 2014) e às previsões de eclipses (Freeth, 2014) que serão tratadas em outro momento.

Notas

1. Agradeço a Cristián C. Carman. Universidad Nacional de Quilmes / CONICET, Argentina pela dedicação com que me orienta.

Referências

- ANASTASIOU M, SEIRADAKIS J.H, CARMAN C.C. and EFSTATHIOU K. (2014). The Antikythera Mechanism: The construction of the Metonic pointer and the back plate spirals, *Journal for the History of Astronomy*.
- ANASTASIOU M, SEIRADAKIS J.H, EVANS J, DROUGOU S. and EFSTATHIOU K. (2013). The astronomical events of the parapegma of the Antikythera Mechanism, *Journal for the History of Astronomy*, 44 Part 2, 173-86.
- CARMAN, C.C, THORNDIKE, A, EVANS, J. (2012). On the Pin- and -Slot device of the Antikythera mechanism, with a new application to the superior Planets, *Journal for the History of Astronomy* 43.
- CARMAN, C.C, EVANS, J. (2014). On the epoch of the Antikythera mechanism and its eclipse predictor *Archive for History of Exact Sciences*, 1-82.
- EVANS, J, CARMAN C.C. (2013). *Mechanical Astronomy: A Route to the Ancient Discovery of Epicycles and Eccentrics. From Alexandria, Through Baghdad: Surveys and Studies in the Ancient Greek and Medieval Islamic Mathematical Sciences in Honor of J.L. Berggren.*

- EVANS, J, CARMAN, C.C, THORNDIKE, A. S. (2010). “Solar Anomaly and Planetary Displays in the Antikythera Mechanism”, *Journal for the History of Astronomy* xli: 1-39.
- FREETH, T. (2009). *Decoding an Ancient Computer*, *Scientific American*, 12/2009, Volume 301, Issue 6, 79.
- FREETH, T, Y. BITSAKIS, X. MOUSSAS, J. SEIRADAKIS, A. TSELIKAS, H. MANGOU et al. (2006). *Decoding the ancient Greek astronomical calculator known as the Antikythera Mechanism*”, *Nature*, 11/2006, Volume 444: 587-591.
- FREETH, T, A. JONES, J. STEELE and Y. BITSAKIS. (2008). *Calendars with Olympiad display and eclipse prediction on the Antikythera Mechanism*”, *Nature*, 07/2008, Volume 454: 614-617.
- FREETH, T, A. JONES. (2012). *The Cosmos in the Antikythera Mechanism*. ISAW Papers, Volume 4.
- NAWAR, S. “Sky twilight brightness and colour during high solar activity”, *The Moon and the planets*, xxix (1983), 99–105.
- PRICE, DEREK J. DE SOLLA. (1974). “Gears from the Greeks. The Antikythera Mechanism: A Calendar Computer from ca. 80 B. C.” *Transactions of the American Philosophical Society*, (New Series), Vol. 64, Part. 7, 1–70.
- WRIGHT, M T. (2013). *The Antikythera Mechanism: Compound Gear-Trains for Planetary Indications*. *Almagest*, Volume IV, Issue 2.

Figuras



Figura 1. Os fragmentos do mecanismo de Anticítera. Fragmentos de A-G estão no topo e 1-75 da metade para baixo. Os 82 fragmentos estão no Museu Arqueológico Nacional de Atenas. (Freeth et al., 2006).

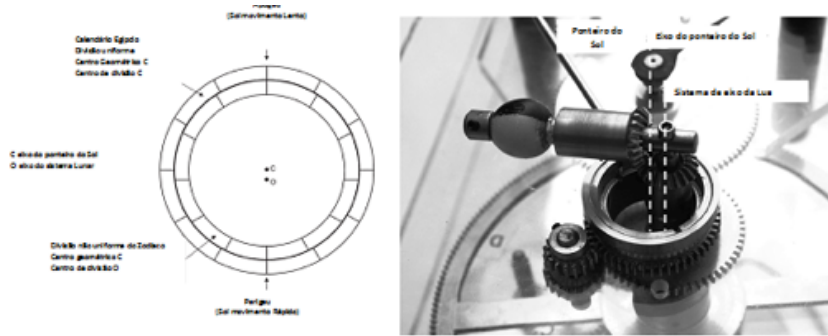


Figura 2. Reconstrução do funcionamento das escalas uniformes e não uniformes do zodíaco e do calendário Egípcio, incluindo o eixo do mecanismo lunar e o eixo de rotação do ponteiro do Sol. Figura 3. Modelo mecânico da proposta da engrenagem solar e o anel cilíndrico. (Evans et al., 2010)

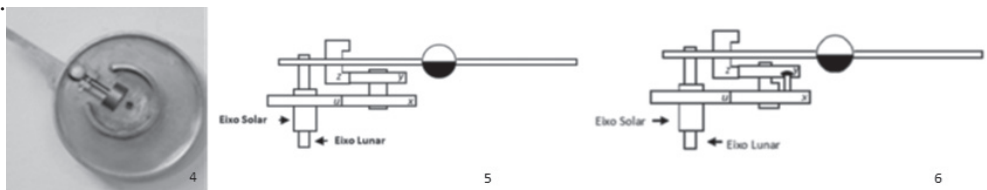


Figura 4. Wright (2005a). Figura 5. Posição do eixo lunar. (Freeth et al., 2006). Figura 6. Introdução do dispositivo de *pin and slot* para o eixo lunar. (Carman, 2014).

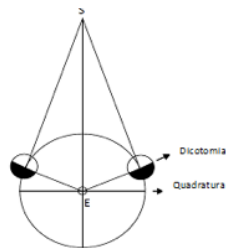


Figura 7. Dicotomia de quadratura de Aristarco de Samos (310-230a.C) . (Carman, 2014).



Figura 8. Modelo interpretativo que explica como o mecanismo estabelecia a posição dos planetas através dos cinco pequenos relógios subsidiários. (Carman, 2011:35 cortesia de Michael Wright).

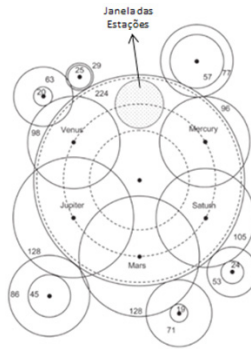


Figura 9. Modelo cinemático de todos os planetas, incluindo espaço para a janela das estações. (Evans et al., 2010:33).

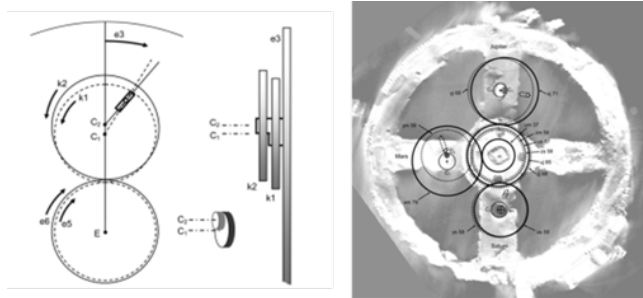


Figura 10 (à esquerda). *Pin and slot* utilizado para movimento de anomalia lunar. Figura 11 (à direita). Aplicação do modelo de *pin and slot* para os planetas superiores. (Carman et al., 2012).



Figura 12. O Cosmos na parte da frente do mecanismo de Anticítera. © 2011 Tony Freeth, Primeiras Imagens, Todos os direitos reservados. (Freeth e Jones, 2012:31).

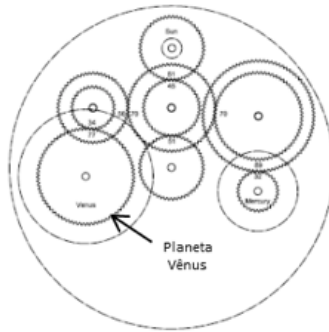


Figura 13. Arranjos de engrenagens Mercúrio, Vênus e Sol. . (Wright, 2013:28)

Κ	ΕΙΕΣΠΕΡΙΑ	Κ	in the evening
Δ	ΥΑΔΕΣΔΥΟΝΤΑΙΕΣΠΕΡΙΑΙ	Δ	The Hyades set in the evening
Μ	ΤΑΥΡΟΣΑΡΧΕΤΑΙΑΝΑΤΕΛΛΕΙΝ	Μ	Taurus begins to rise
Ν	ΛΥΡΑΕΠΙΤΕΛΛΕΙ ΕΣΠΕΡΙΑ	Ν	Lyra rises in the evening
Ξ	ΠΛΕΙΑΣΕΠΙΤΕΛΛΕΙΕΩΙΑ	Ξ	The Pleiades rise in the morning
Ο	ΥΑΣΕΠΙΤΕΛΛΕΙ ΕΩΙΑ	Ο	The Hyades rise in the morning
Π	ΔΙΔΥΜΟΙΑΡΧΟΝΤΑΙΕΠΙΤΕΛΛΕΙΝ	Π	Gemini begins to rise
Ρ	ΑΕΤΟΣΕΠΙΤΕΛΛΕΙΕΣΠΕΡΙΟΣ	Ρ	Aquila rises in the evening
Σ	ΑΡΚΤΟΥΡΟΣ ΔΥΝΕΙ ΕΩΙΟΣ	Σ	Arcturus sets in the morning

Figura 14 (à esquerda). Inscrições do texto em Grego (à direita) Texto em Inglês. (Anastasiou et al., 2013).

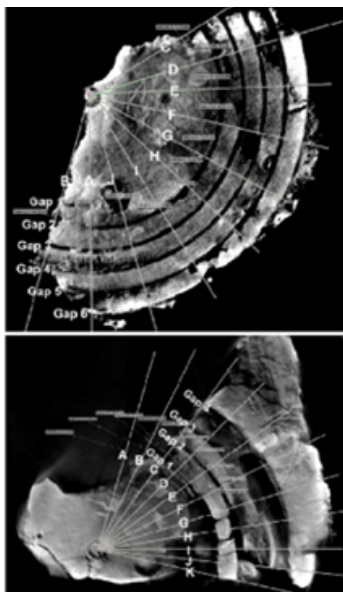


Figura 15 (acima). Tomografia computadorizada (TC) do fragmento B correspondendo ao calendário Metônico, com as marcações das cinco linhas espirais. Figura 15 (abaixo Tomografia computadorizada (TC) do fragmento A correspondendo ao calendário Saros, com as marcações das quatro linhas espirais. Reconstrução do mecanismo de Anticítera. (Freeth et al., 2008).

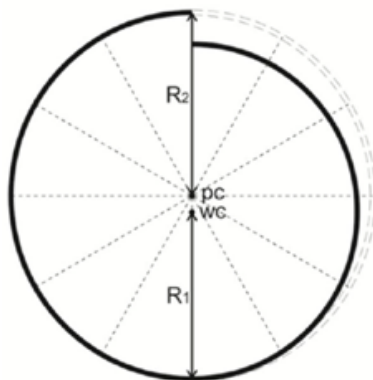


Figura 16. Espiral em semicírculos mostrando arcos igualmente espaçados (metade esquerda em negrito e metade direita pontilhada) do centro do ponteiro (pc) e a desigualdade de espaços dos arcos (negrito do meio direita) nos enrolamentos Centro (wc). (Anastasiou et al., 2014).

La biología funcional de los psicólogos evolucionistas

Sergio Daniel Barberis^{*1}, *Santiago Ginnobili*^{†2}

1. Introducción

En este artículo nos ocupamos de algunas cuestiones metacientíficas vinculadas al programa de la psicología evolucionista (Barkow, Tooby y Cosmides, 1992; Buss, 2005). La tesis distintiva de la psicología evolucionista es que la mente humana está compuesta de un gran número de mecanismos computacionales relativamente autónomos, o “módulos”, cada uno de los cuales está específicamente diseñado, como efecto de la selección natural (i. e. de cualquier proceso selectivo direccionado), para resolver un problema adaptativo presente en el entorno en el cual evolucionaron nuestros ancestros cazadores-recolectores durante el Pleistoceno (Tooby y Cosmides, 1994).³ Cada uno de estos módulos puede caracterizarse como un sistema computacional, innato, específico de dominio y funcionalmente especializado (Sperber, 1994; Barrett y Kurzban, 2006).

Los psicólogos evolucionistas no son los primeros en defender una hipótesis modularista acerca de la mente. De hecho, el mismo enfoque ha sido aplicado al menos en el caso de la facultad del lenguaje (Chomsky, 1980) y de los mecanismos de procesamiento temprano de la información perceptiva (Fodor, 1983). Lo que distingue a los psicólogos evolucionistas es la afirmación de que la mente cognitiva es *masivamente* modular. Así, extienden el alcance la tesis de la modularidad desde los sistemas perceptivos hasta el funcionamiento de las capacidades cognitivas “superiores”, tales como el razonamiento social, el conocimiento de otras mentes, el reconocimiento de rostros, la selección de pareja, etcétera (Tooby y Cosmides, 1994).

La psicología evolucionista ha sido un enfoque fuertemente criticado. Algunas de las críticas han cuestionado el sustento empírico de sus afirmaciones (Lloyd, 1999; Fodor, 2000; Buller, 2005) y otras han sido de carácter más conceptual o metodológico (Richardson, 2007). Nuestra intención es centrarnos en las críticas conceptuales y metodológicas, intentando allanar el camino para que la discusión pueda centrarse en el lugar que corresponde, a saber, la forma específica en la que los psicólogos evolucionistas aplican la biología evolutiva a los rasgos comportamentales.

Una crítica común al programa de la psicología evolucionista es que muchas de sus afirmaciones se basan en una noción científicamente irrelevante (sino equivocada) de “módulo darwiniano”. Hemos mencionado que un módulo darwiniano (prototípico) es un mecanismo computacional universal, específico de dominio, innato y seleccionado naturalmente. Las preguntas que nos interesan en este artículo son las siguientes: ¿Qué vínculos pueden establecerse entre los conceptos de “módulo” y “función evolutiva”? ¿Cómo se vinculan “X es un módulo” con “X posee una función evolutiva”? Según nuestra perspectiva, existen dos grandes posibilidades

* Universidad de Buenos Aires, Universidad Nacional de Moreno, CONICET

† Universidad de Buenos Aires, Universidad Nacional de Quilmes, CONICET

metateóricas: (1) o bien “módulo” y “función evolutiva” están vinculados conceptualmente, (2) o bien están vinculados evidencialmente. En este trabajo, defenderemos una versión de (2) y señalaremos, además, cómo la selección natural puede desempeñar un papel heurístico en el descubrimiento de módulos en psicología.

2. Módulos darwinianos

Comencemos por caracterizar con mayor precisión a los módulos darwinianos.⁴ En primer lugar, los psicólogos evolucionistas sostienen que los módulos darwinianos son sistemas computacionales. Siguiendo a Samuels (1998), podemos distinguir dos interpretaciones de esta tesis. Por un lado, los módulos pueden concebirse como circuitos neuronales específicamente dedicados a la resolución de un problema de procesamiento de la información. Ésa es la concepción de los módulos como piezas de *hardware*. Por otro lado, los módulos pueden pensarse como pequeñas subrutinas o subprogramas específicos en la mente cognitiva. Ésta es la interpretación algorítmica de los módulos. Según Samuels (1998), estas dos concepciones no son equivalentes pero están vinculadas. En particular, la concepción de los módulos como piezas de *hardware* implica la concepción de los módulos como algoritmos, pero no viceversa. Mientras todo mecanismo computacional puede ser caracterizado algorítmicamente, no todo algoritmo específico de dominio debe estar instanciado en una “máquina” específica de dominio. Los psicólogos evolucionistas no parecen tomar en serio esta última posibilidad, más bien parecen pensar que un módulo es un circuito neuronal relativamente fijo (*hardware*) que instancia una subrutina computacional específica (*software*).

En segundo lugar, los módulos son estructuras universales, esto es, son rasgos de diseño compartidos por todos los seres humanos, de manera tal que los niños de todo el mundo llegan a desarrollar la misma dotación de módulos de modo invariante respecto del entorno (Sober, 1998). En tercer lugar, los módulos son específicos de dominio. Nuevamente, los psicólogos evolucionistas no son del todo claros cuando describen esta propiedad. Muchas veces los módulos son “específicos de dominio” en la medida en que son sistemas dedicados a resolver un ámbito acotado de problemas (Samuels, 1998). Así, el módulo de detección de rostros no podría ocuparse de problemas adaptativos distintos de aquel que constituye su función; no podría, por ejemplo, ocuparse de la selección de pareja, o de la orientación espacial. Sin embargo, los psicólogos evolucionistas también hablan de “especificidad de dominio” para referirse al hecho de que los principios o reglas de procesamiento de un módulo no tienen un alcance irrestricto, sino que sólo pueden aplicarse a tipos específicos de *input*. En términos de Khalidi (2001, 2010), un sistema cognitivo específico de dominio es un sistema que está relativamente aislado de las otras capacidades cognitivas, de manera tal que los principios que valen en su dominio no son fácilmente generalizables a otros dominios. Son sistemas cuyos principios de funcionamiento no pueden aplicarse correctamente si el *input* que se le presenta al módulo no es aquél que está diseñado para procesar. Un ejemplo muy interesante de especificidad de dominio como ausencia de generalidad se encuentra en Cheney y Seyfarth (1985):

La hipótesis de la especificidad de dominio postula que la selección natural puede haber actuado para favorecer habilidades complejas en el dominio social que, por alguna razón, no se extienden ni se generalizan a otras esferas [...] Dentro del grupo social, la conducta de los monos sugiere una comprensión de la causalidad, la inferencia transitiva y la noción de reciprocidad. Sin embargo, a pesar de las frecuentes oportunidades y la fuerza de las presiones selectivas, no emerge fácilmente una conducta comparable cuando interactúan con otras especies animales ni con objetos inanimados. (Cheney y Seyfarth, 1985:188)

En cuarto lugar, los módulos darwinianos son estructuras innatas. Según la propuesta filosófica más comúnmente aceptada, una estructura cognitiva es innata en la medida en que su ontogénesis está “canalizada” respecto de las posibles perturbaciones en el entorno de desarrollo (Ariew, 1999). El grado de canalización ambiental de un rasgo cognitivo depende, a su vez, del grado de control que los genes ejerzan sobre el desarrollo de ese rasgo (Barberis, 2013). Por lo tanto, dicho crudamente, los rasgos innatos son aquellos cuyo desarrollo es relativamente insensible al entorno pues se halla bajo control genético estricto. Los módulos darwinianos son innatos tanto en sus aspectos arquitecturales como en el contenido de sus bases de datos. Así, si se concibe a los módulos como “sistemas de inferencia” (Fodor, 1983), no sólo las reglas de inferencia (específicas de dominio) del módulo son innatas, sino que también lo es la información que está contenida en la base de datos propia del módulo, a partir de la cual éste puede comenzar a interpretar la información proveniente del *input* (Skidelsky, 2007).

Por último, los módulos darwinianos son especializaciones funcionales o adaptaciones, esto es, han sido adquiridos en el curso de la historia filogenética como el producto de la selección natural (Sperber, 1994; Barrett y Kurzban, 2006).⁵ Es ésta la característica que los vuelve, justamente, “darwinianos”. Un módulo constituye una especialización funcional en la medida en que resuelve un problema adaptativo, esto es, un problema presente en el entorno de adaptación evolutiva (Tooby y Cosmides, 1994). El catálogo de problemas adaptativos de los homínidos incluye la selección de pareja, el reconocimiento de parentesco, escapar de los predadores, evitar las enfermedades, evitar el incesto, etc.

Habiendo caracterizado los módulos darwinianos, cabe preguntarse: ¿Qué vínculos existen entre las propiedades prototípicas de estos módulos? En particular, ¿existe un vínculo conceptual entre la tesis de que una estructura es un módulo *tout court* y la tesis de que ese módulo es un módulo *darwiniano*, i. e., un producto de la selección natural?

3. Vínculos conceptuales

Sostenemos que no existe un vínculo conceptual entre la afirmación “X es un módulo” y “X posee una función evolutiva”. Muchos psicólogos evolucionistas sostienen que la noción de módulo debe identificarse conceptualmente con la noción de especialización funcional (Barrett, 2005; Barrett y Kurzban, 2006; Cosmides, *comunicación personal*).

Es difícil encontrar un conjunto de características abstractas o una lista de diagnóstico que capture bajo un mismo paraguas las propiedades funcionales de, por ejemplo, la piel, los folículos capilares, el hígado, los ojos, la aorta, aún cuando cada uno de ellos pueda ser considerado como una estructura modular desde una perspectiva biológica (...). Nosotros acordamos con Pinker (1997) quien sostiene que los módulos deben definirse por las operaciones específicas que realizan sobre la información que reciben, más que por una lista de rasgos necesarios y suficientes (...). Sostenemos también, junto con otros psicólogos evolucionistas, que una noción más amplia de modularidad que la propuesta por Fodor es posible: en particular, un concepto de modularidad basado en la noción de *especialización funcional*, y no en criterios fodorianos tales como la automaticidad y el encapsulamiento. (Barrett y Kurzban, 2006, pp. 628-629)

En esta misma línea, Carruthers (2004) ha defendido la idea de que la noción de módulo en psicología evolucionista debe entenderse en su “sentido ordinario más débil y vago” de modo tal que no signifique nada más que “subcomponente aislable funcionalmente”.

Así, una compañía que está organizada de una manera modular tiene unidades separadas que operan independientemente y realizan distintas funciones. Y un sistema de alta fidelidad que puede comprarse por módulos es uno en el cual las partes componentes separadas pueden operar independientemente unas de otras –puedes tener la casetera sin el reproductor de CD– y en el cual diferentes versiones de la misma parte pueden ser sustituidas por otras sin alterar el resto. (Carruthers, 2004, p. 295)

Si la noción de función presupuesta en la idea de especialización funcional se elucida, como parece sugerir Carruthers, en términos del análisis de Cummins (1975), i. e., en términos del rol causal de un subcomponente en el sistema que lo contiene, entonces la hipótesis de la modularidad masiva se vuelve trivial. Nadie negaría que la mente, incluso en sus procesos superiores de pensamiento, esté compuesta por módulos, en el sentido trivial de que posee partes que contribuyen causalmente al funcionamiento del sistema como un todo (Milkowski, 2008). Si aceptamos esta noción de modularidad, entonces cualquier funcionalista respecto de lo mental sería modularista respecto de los estados y procesos mentales (Fodor, 2000).

En respuesta a este tipo de críticas algunos han señalado que el aspecto de los módulos que interesa a estas propuestas es, específicamente, su función evolutiva: aquel conjunto distinguido de efectos del rasgo en cuestión por el cual el sistema que lo contiene fue naturalmente seleccionado. Así, un sistema constituye una especialización funcional sólo si resuelve un problema adaptativo, i. e., un problema en el entorno de adaptación evolutiva cuya solución significó un incremento en la aptitud inclusiva del organismo (Tooby y Cosmides, 1994; 2005). El catálogo de problemas adaptativos de los homínidos incluye la selección de pareja, el reconocimiento del parentesco, escapar de los predadores, prevenir enfermedades, evitar el incesto, detectar tramposos en las situaciones de cooperación, etc. De esta manera, si es posible ofrecer una narrativa adaptacionista fundamentada, que muestre cómo ciertos efectos que se atribuyen a un sistema cognitivo que forma parte de un organismo representan una ventaja

adaptativa en los entornos ancestrales de desarrollo, entonces esta narrativa representaría un vínculo conceptual intrínseco con el carácter modular de ese sistema.

En contra de este tipo de análisis metatéorico, sostenemos que, si ser un módulo implicase poseer una función evolutiva (como proponen Barrett y Kurzban, 2006), entonces la teoría de la selección natural perdería una parte importante de su base de confirmación. ¿Por qué? La teoría de la selección natural requiere distinguir, como conceptos independientes entre sí, la adecuación de un rasgo a su entorno y la “causa” de esa adecuación, que es la adaptación por selección natural. Sin esta distinción, no puede recoger la idea de que existen rasgos desempeñando funciones que disminuyen la aptitud del organismo.

Consideremos la forma en la que el mismo Darwin pensaba las adecuaciones (Ginnobili, 2010). En varios casos Darwin señala que, de comprobarse ciertos hechos, la teoría que propone se vería refutada. Como Darwin no es demasiado claro a la hora de presentar sus teorías, muchas veces lo refutado no es la selección natural, sino, por ejemplo, la tesis de que todos los organismos vivos tienen un origen común, o el gradualismo, independientes conceptualmente de la teoría de la selección natural (Mayr, 1991), aunque relacionadas e imprescindibles en el enfoque general darwiniano y en su argumentación general. Sin embargo, un caso en el que se señala una posible refutación de la selección natural nos interesa para la cuestión presente.

Si se pudiese probar que una parte cualquiera del organismo de una especie ha sido formada para ventaja exclusiva de otra especie, esto destruiría mi teoría, pues esta parte no podría haber sido producida por selección natural (Darwin, 1872, p. 148)

Un ejemplo de esto lo constituiría la idea de que la belleza en los seres vivos ha sido creada para nuestro disfrute estético:

Con respecto a la creencia de que todo ser orgánico ha sido creado bello para el deleite del hombre, creencia que, como se ha dicho, es subversiva para toda mi teoría (Darwin, 1872, p. 147)

Los únicos mecanismos que producen sistemáticamente adecuación, según Darwin, son la selección natural y el uso y desuso en conjunción con la herencia de caracteres adquiridos. Ninguno de estos mecanismos puede explicar una adecuación que beneficie exclusivamente a otra especie. Darwin dedicó mucho espacio a lo largo de sus publicaciones a reducir toda adecuación a estos dos mecanismos. Ahora bien, si es así, es bastante obvio que no podemos caracterizar a las adecuaciones como aquellas que son el producto de la selección natural. Tienen que ser posibles conceptualmente adecuaciones que beneficien, en todo caso, a otras especies. Si toda adecuación se definiera *a priori* como rasgos que incrementan el éxito reproductivo en un ambiente particular del pasado, este posible caso refutatorio sería inviable. En consecuencia, es necesario encontrar otra manera de caracterizar las adecuaciones que sea independiente del mecanismo de la selección natural.

En consecuencia, el vínculo que existe entre que un módulo tenga una función y que

constituya una adaptación, en el sentido de que evolucionó por selección natural por realizar la tarea que realiza (o la tarea que realizaba en un ambiente ancestral), no es conceptual. Una consecuencia, que no trataremos en este trabajo, es que ni el enfoque sistémico de “función” de Cummins (1975) ni el enfoque etiológico de “función” (Millikan, 1989; Wright 1976), según el cual existe un vínculo conceptual entre sostener que un rasgo tiene una función y que el rasgo constituye una adaptación, son adecuados para dar cuenta de la noción de función presupuesta en la psicología evolucionista. En este trabajo, nos alcanza con señalar que el vínculo no es conceptual.⁶

4. Vínculos evidenciales

Sostenemos que el vínculo entre ser un módulo y ser una adaptación es empírico o evidencial: “X es un módulo” brinda evidencia a favor de que “X posee una función evolutiva” (Barberis 2014). ¿Por qué? Porque, como sostienen varios autores (Fodor 2000, Okasha 2003), existe un vínculo entre modularidad e innatismo de contenidos mentales específicos de dominio, y la mejor explicación de este fenómeno es la acción de la selección natural. Sin embargo, “X posee una función evolutiva” no brinda evidencia a favor de que “X es un módulo”. La selección natural pudo haber seleccionado sistemas de dominio general, pues éstos no poseen las desventajas que autores como Tooby y Cosmides les asignan *a priori* en comparación con los sistemas específicos de dominio.

El vínculo más interesante entre las propiedades de la modularidad darwiniana es aquél que se da entre el carácter innato de ciertas estructuras cognitivas y la selección natural (Fodor, 2000; Okasha, 2003).⁷ Vale aclarar que es completamente posible que un rasgo biológico sea innato sin ser una adaptación evolutiva y viceversa. A modo de ilustración cabe señalar que el desarrollo de muchísimas enfermedades, tales como la enfermedad de Huntington, la anemia falciforme, o la prosopagnosia hereditaria (para citar un déficit específicamente cognitivo) está determinado genéticamente, es decir, es innato. Sin embargo, es completamente implausible afirmar que la portación de estas enfermedades representó, en cada caso, una ventaja adaptativa para sus portadores. Con todo, Fodor (2000) sostiene que existe un vínculo “intrínseco” entre el carácter innato de las creencias contenidas en la base de datos de un módulo y el hecho de que dichas creencias hayan evolucionado por selección natural.⁸

El argumento de Fodor (2000) es el siguiente. Un módulo es un mecanismo computacional especializado. Parte de su especialización radica en el hecho de que tiene “restringido” el acceso a cualquier información que no sea la que está contenida en el *input* actual o en su base de datos. La información que cada módulo contiene en su base de datos debe ser innata, pues se supone que debe estar disponible para que el módulo pueda comenzar a procesar correctamente los estímulos entrantes, “cada módulo viene con una base de datos que es, en efecto, lo que el módulo cree de manera innata acerca del dominio computacional que le pertenece” (Fodor, 2000, p. 91). Ahora bien, estas creencias innatas contenidas en la base de datos del módulo son sustantivas (es decir, no triviales), son *contingentes* y, muchas veces, son verdaderas respecto de ciertos patrones

del entorno del organismo. En este sentido puede decirse que las creencias del módulo, siendo contingentes, poseen adecuación epistémica con el entorno, esto es, validez ecológica.

Una importante observación de Fodor (2000) es la siguiente. Los racionalistas modernos defendían el carácter innato de ciertas creencias *necesarias*, ya sea de los principios lógicos, de las verdades matemáticas, o de ciertos enunciados sintéticos (como los relativos a la existencia de objetos externos). Los nativistas contemporáneos, en cambio, incorporan como estructuras innatas a todo un cúmulo de creencias que son contingentes desde cualquier punto de vista (cf. Hirschfeld y Gelman, 1994). Así, por ejemplo, la evidencia empírica sugiere que venimos equipados, de manera innata, con creencias como las siguientes: que los objetos continúan existiendo aún cuando están visualmente ocluidos (Baillargeon, 2004), que la localización auditiva de una fuente predice la localización espacial de esa fuente, que las partes de un mismo objeto se mueven juntas, que las discontinuidades en el color generalmente coinciden con los bordes de los objetos, etc. En este punto surge una pregunta *novedosa* acerca de estas creencias contingentes y verdaderas de los módulos: ¿Cómo se adquirieron en primer lugar?

No es plausible que un stock enorme de creencias contingentemente verdaderas haya evolucionado de manera azarosa por deriva genética, digamos, o por algún otro proceso evolutivo no direccional. Puestos a analizar las opciones, realmente sólo hay dos posibles “mecanismos de instrucción” que pudieron haber producido un cúmulo tal de creencias: o bien la experiencia durante la ontogénesis, o bien la selección natural durante la filogénesis. Puesto que *ex hypothesi* estamos frente a un módulo darwiniano, presuponemos que las creencias del módulo son innatas. En consecuencia, la experiencia no pudo haber moldeado las creencias del módulo (Fodor, 2000; Okasha, 2003). El único mecanismo que pudo haber producido las creencias innatas, contingentes y verdaderas de los módulos es la selección natural. Fodor (2000, p. 94) concluye que, si “los módulos innatos requieren una adecuación epistémica detallada entre lo que está en la mente y lo que está en el mundo”, entonces “sólo una instrucción correspondientemente detallada de la mente por parte del mundo pudo haberla producido” pues “podemos suponer con confianza que el mundo es anterior a la mente”.

La idea de que a partir de la adecuación epistémica de la arquitectura mental es posible inferir su origen evolutivo en la selección natural está presupuesta en la inferencia habitual que los biólogos evolutivos hacen desde la adecuación de los rasgos de los organismos al ambiente a la conclusión de que tales rasgos surgieron por selección natural. Por supuesto, se trata de una inferencia abductiva. Existen otras explicaciones posibles o imaginables de la adecuación de los rasgos. Por ejemplo, algunos rasgos de algunos organismos intervenidos mediante ingeniería genética son explicados por el diseño inteligente (del genetista, por supuesto). Como sea, la inferencia en esa dirección es empírica y no conceptual. La única peculiaridad del argumento de Fodor (2000) es que, al tratarse de creencias contingentes innatas, la adecuación que se da entre esas creencias y el mundo externo es de tipo epistémica. En cualquier otro respecto, la inferencia de Fodor es tan segura como cualquier otra inferencia de este tipo en biología evolutiva.

Nos queda tratar el vínculo no conceptual en la otra dirección, que es la que suelen preferir

los psicólogos evolucionistas. En sus investigaciones, los psicólogos evolucionistas no parten de un módulo e intentan averiguar su origen evolutivo, sino que suelen asumir que la selección natural explica el origen de los módulos mentales para intentar averiguar luego la naturaleza de tales módulos. Es decir, asumen que la selección natural moldeó nuestra mente para que se adaptara a los ambientes ancestrales de desarrollo y luego intentan descubrir qué estructuras cognitivas podrían haber evolucionado como respuestas a los problemas que tales ambientes planteaban.⁹ Bajo nuestro punto de vista, este vínculo tampoco es conceptual, aunque es de una naturaleza diferente al vínculo abductivo tratado anteriormente. En particular, la idea de que la selección natural operando en ambientes ancestrales moldeó nuestra mente, es utilizada por los psicólogos evolucionistas como una heurística para el descubrimiento de módulos (Shapiro y Epstein, 1998). Generalmente los biólogos conocen una estructura, estudian su función, y finalmente, su historia evolutiva. En este caso, dado que la estructura mental es desconocida, el camino que se sigue es inverso.

Es importante señalar, que si bien este camino no es el habitual, tampoco resulta extraño. Pues, uno puede encontrar un ejemplo de este rol heurístico en la fundación misma de la biología evolutiva: en los escritos de Darwin. La biología funcional previa al darwinismo resultaba fuertemente incompatible con la selección natural. En la biología funcional predarwiniana era completamente aceptable que la función de un rasgo de un organismo de una especie estuviese al servicio de otra especie, o del sistema general (Caponi, 2011). La selección natural, en cambio, y como veíamos antes, no puede explicar el origen de rasgos altruistas en este sentido. Darwin encara este problema dedicándose a cambiar la biología funcional subyacente (Ginnobili 2011). Un caso paradigmático de tales cambios lo constituyen sus trabajos sobre las estructuras florales, que ya no servirían para embellecer el mundo o para el deleite estético de otras especies, sino para propiciar la fecundación cruzada (Darwin, 1876; 1877a; 1877b). Darwin no justifica tales cambios apelando a discusiones filogenéticas, sino desde dentro de la biología funcional misma, pero motivado por el tipo de funciones que la selección natural podría propiciar.

Conclusiones

Existen en la psicología evolucionista diferentes vínculos entre que algo sea un módulo, que posea una función y que tenga un origen en la selección natural (es decir, que sea una adaptación). En este trabajo hemos discutido la idea de algunos psicólogos evolucionistas quienes, aceptando el enfoque etiológico de función, consideran que la identificación de un módulo a través de una función se vincula conceptualmente con que tal módulo sea una adaptación. Hemos defendido que el vínculo que va del módulo funcional a la adaptación es evidencial, que la detección de un módulo funcional brinda evidencia (no concluyente) a favor de que el módulo surgió por selección natural y que el vínculo inverso, el que va del origen en la selección natural a la postulación de módulos, implica utilizar la teoría de la selección natural como una heurística que guía la postulación de funciones, y finalmente, la postulación de una estructura particular. Hemos señalado que al trazar tales vínculos los psicólogos evolucionistas no comenten ningún

error metodológico sino que hacen lo que otros biólogos evolutivos hacen. Esto, por supuesto, no implica que su enfoque sea correcto, pero posiciona la discusión en el lugar que corresponde: ¿tienen suficiente evidencia, los psicólogos evolucionistas, para defender lo que defienden?

Notas

1. e-mail de contacto: santi75@gmail.com; página personal: <https://santi75.wordpress.com/>
2. Este trabajo fue parcialmente financiado con los siguientes proyectos: PICT-2012 2662 (ANPCyT, Argentina), PIP 112-201101- 01135 (CONICET, Argentina) y PIP-967 (CONICET, Argentina).
3. Es central al proyecto de la psicología evolucionista el que los problemas informacionales relevantes para la cartografía de la mente humana sean aquellos problemas que nuestros ancestros enfrentaron específicamente durante el Pleistoceno. Esto distingue a este proyecto de la sociobiología (Wilson 1975), una visión adaptacionista de la mente pero centrada en los problemas adaptativos actuales.
4. La siguiente presentación de los “módulos darwinianos” se basa fuertemente en Barberis (2014).
5. En este punto de la argumentación, podría pensarse que Barrett y Kurzban (2006) no sólo reconocen una historia evolutiva con acción selectiva, sino más bien un tipo muy particular de selección natural. Comúnmente se distingue entre selección direccional, estabilizante y disruptiva (Ridley, 2004). Los psicólogos evolucionistas no han sido cuidadosos en este punto, aunque el vínculo propuesto entre selección natural y especificidad funcional sugiere un tipo de selección direccional. Agradecemos a un árbitro anónimo por sugerirnos este comentario.
6. Por supuesto, apelar a la forma en que Darwin pensaba la teoría de la selección natural y la biología funcional para hablar de la biología evolutiva contemporánea supone que no han ocurrido modificaciones (al menos en lo relevante a este trabajo) sustanciales en estas áreas. Defender este punto excedería los límites de este trabajo, pero puede consultarse Ginnobili (2010).
7. La siguiente reconstrucción del argumento de Fodor y Okasha a favor de la existencia de un vínculo evidencial entre innatismo y selección natural está basada en Barberis (2014).
8. El concepto de “creencia” que aparece en la caracterización del contenido de la base de datos de un módulo requiere ciertas aclaraciones. Se trata simplemente de la información de la que dispone por *default* el módulo en el curso de su normal funcionamiento. Según Fodor (1983, 2000), si se piensa un módulo como un sistema de inferencia (computacionalmente implementado), entonces las “creencias” del módulo son aquellas estructuras de conocimiento que están disponibles como “supuestos” o “principios” de inferencia en el módulo. Naturalmente, no son creencias en el sentido que se la da al término desde la psicología de sentido común, pues esa información no está disponible para su procesamiento por parte de los sistemas de pensamiento o de toma de decisiones. Son estructuras subpersonales de conocimiento que están encapsuladas respecto de la cognición central.
9. Considérese el siguiente pasaje de Tooby y Cosmides (2005, p. 28): “Se comienza con un problema adaptativo enfrentado por los ancestros humanos, incluyendo qué información habría estado presente potencialmente en los entornos pasados para la resolución de ese problema. A partir del modelo de un problema adaptativo, el investigador desarrolla un análisis de tarea de las clases de computación necesarias para resolver ese problema (...) Basándose en ese análisis de tarea, se pueden formular hipótesis acerca de

qué clases de programas pudieron evolucionar efectivamente. Luego, la presencia [de estos programas] se evalúa experimentalmente, usando métodos de la psicología cognitiva, social y del desarrollo, la neurociencia / neuropsicología cognitiva, la economía experimental, los estudios transculturales [etc.]”.

Bibliografía

- ARIEW, A. (1999). Innateness is Canalization: In Defense of a Developmental Account of Innateness. En V. Hardcastle (Ed.). *Where biology meets psychology: philosophical essays* (pp. 117-138). Cambridge: MIT Press
- BAILLARGEON, R. (2004). Infants' Physical World. *Current Directions in Psychological Science*, 13(19), 89-94.
- BARBERIS, S. (2013) Innatismo y Control Genético. *Manuscrito*, 36(2), 263-310.
- BARBERIS, S. (2014) Innatismo y Selección Natural en Psicología Evolucionista. *Avatares Filosóficos*, 1, 3-21.
- BARKOW, L., Cosmides, L., y Tooby, J. (1992). *The Adapted Mind*. New York: Oxford University Press.
- BARRETT, H. (2005). Enzymatic Computation and Cognitive Modularity. *Mind and Language*, 20(3), 259-287.
- BARRETT, H. y Kurzban, R. (2006). Modularity in Cognition: Framing the Debate. *Psychological Review*, 113(3), 628-647.
- BULLER, D. (2005). *Adapting Minds*. Cambridge, MIT Press.
- BUSS, D. (2005). *The Handbook of Evolutionary Psychology*. Hoboken: Wiley & Sons.
- CAPONI, G. (2011). *La segunda agenda darwiniana. Contribución preliminar a una historia del programa adaptacionista*. México: Centro de estudios filosóficos, políticos y sociales Vicente Lombardo Toledano.
- CARRUTHERS, P. (2004). The Mind is a System of Modules Shaped by Natural Selection. En C. Hitchcock (Ed.) *Contemporary Debates in Philosophy of Science* (pp. 293-311). New York: Blackwell.
- CHENEY, D. y Seyfarth, R. (1985). Social and non-social knowledge in vervet monkeys. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Series B 308, 187-201.
- CHOMSKY, N. (1980). *Rules and representations*. Oxford: Basil Blackwell.
- COSMIDES, L. y Tooby, J. (1992). Cognitive Adaptations for Social Exchange. En J. Barkow, L. Cosmides y J. Tooby (Eds.) (pp. 163-228).
- COSMIDES, L. Y TOOBY, J. (1994). Origins of domain-specificity: The evolution of functional organization. En L. Hirschfeld y S. Gelman (Eds.), pp. 85-116.
- CUMMINS, R. (1975). Functional Analysis. *Journal of Philosophy*, 72(20), 741-765.
- DARWIN, C. (1872). *The origin of species*. 6th Ed. London: John Murray.
- DARWIN, C. (1876). *The effects of cross and self fertilisation in the vegetable kingdom*. London: John Murray.
- DARWIN, C. (1877a). *The different forms of flowers on plants of the same species*. London: John Murray.

- DARWIN, C. (1877b). *The various contrivances by which orchids are fertilised by insects*. 2th edition. London: John Murray.
- FODOR, J. (1983). *The Modularity of Mind*. Cambridge: MIT Press.
- FODOR, J. (2000). *The Mind Doesn't Work That Way: The Scope and Limits of Computational Psychology*. Cambridge: MIT Press.
- GINNOBILI, S. (2010) La teoría de la selección natural darwiniana. *Theoria*, 25(1), 37-58.
- GINNOBILI, S. (2011) Función como concepto teórico. *Scientiae Studia*, 9(4), 847-880
- HIRSCHFELD, L. y GELMAN S., (1994) *Mapping the Mind: Domain-specificity in cognition and culture*. New York: Cambridge University Press.
- KHALIDI, M. (2001). Innateness and Domain Specificity. *Philosophical Studies*, 105, 191-210.
- KHALIDI, M. (2010). What Is Domain Specificity (and Why Does It Matter)?. En S. Ohlsson & R. Catrambone (Eds.), *Proceedings of the 32nd Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 194-199). Austin, TX: Cognitive Science Society.
- LLOYD, E. (1999). Evolutionary Psychology: The Burdens of Proof. *Biology and Philosophy*, 14, 211-233.
- MAYR, E. (1991). *One Long Argument: Charles Darwin and the Genesis of Modern Evolutionary Thought*. Harvard: Harvard University Press.
- MILKOWSKI, M. (2008). When weak modularity is robust enough?. *Análisis Filosófico*, 28(1), 77-90.
- MILLIKAN, R. G. (1989). In Defense of Proper Functions. *Philosophy of Science*, 56, 288-302.
- OKASHA, S. (2003). Fodor on Cognition, Modularity and Adaptationism. *Philosophy of Science*, 70, 68-88
- RIDLEY, M. *Evolution*. Oxford: Blackwell.
- PINKER, S. (1997) *How the mind works*. New York, W. W. Norton & Company.
- SAMUELS, R. (1998) Evolutionary Psychology and the Massive Modularity Hypothesis. *British Journal for the Philosophy of Science*, 49, 475-602.
- SHAPIRO, L. y EPSTEIN, W. (1998). Evolutionary Theory Meets Cognitive Psychology: A More Selective Perspective. *Mind and Language*, 13(2), 171-194.
- SKIDELSKY, L. (2007). Modularidad e innatismo: una crítica a la noción sustancial de módulo. *Revista de Filosofía*, 31(2), 83-107.
- SOBER, E. (1998). Innate Knowledge. En Craig (ed.) *Routledge Encyclopedia of Philosophy* (pp. 794-797). London: Routledge.
- SPERBER, D. (1994). The modularity of thought and the epidemiology of representations. En L. Hirschfeld. y S. Gelman (Eds.) (pp. 39-67)
- TOOBY, J. y Cosmides, L. (2005) Neurocognitive Adaptations Designed for Social Exchange. En D. Buss (ed.) (pp. 584-627).
- WILSON, E. O. (1975) *Sociobiology: The New Synthesis*. Harvard, Harvard University Press.
- WRIGHT, L. (1976). Functions. *Philosophical Review*, 85, 70-86.

O experimento e a divulgação científica: o caso do anfiteatro da *Royal Institution of Great Britain* do século XIX

João Batista Alves dos Reis*, Ivoni Freitas-Reis†

Introdução

A ideia de divulgação da ciência em Michael Faraday (1791-1867) tinha como objetivo demonstrar e recriar um ambiente envolvente, agradável o bastante, diferentemente do rigor “científico” dos laboratórios. Visava reconstruir experimentos, com toda profundidade teórica para estimular e, principalmente, para despertar nos jovens a vontade de aprender a “treinar” ou “disciplinar a mente”, como um processo também educativo. Citando o professor Michael Faraday (F.R.S), “Fellow of the Royal Society”, referindo-se ao ensaio *Observations on Mental Education* (Maio de 1854) sobre a autoeducação¹:

... *disciplinar a mente* é de grande importância, e, além disso, difícil de lidar, porque envolve um conflito interno, e igualmente toca a nossa vaidade e nosso “amor próprio”. “Consiste na tendência de nos enganarmos, sobre tudo o que desejamos, e, da necessidade de resistir a esses desejos.” (Faraday, 1893, p.58)

Entretanto, o objetivo das sociedades científicas da época era divulgar a ciência, não o ensino dela. Particularmente, na *Royal Institution of Great Britain* (RI), local onde ocorreu a história que aqui nos reportamos fora diferente. A divulgação da ciência foi organizada, principalmente, através de *Lectures* (palestras, conferências, etc.), marcadamente elas foram uma fortíssima característica do desempenho intelectual na vida de Faraday.

O cuidado era invulgar, desde o salão do teatro especialmente iluminado e observado com detalhe as condições de uma boa ventilação. A entrada e a saída do anfiteatro, os arranjos das cadeiras convenientemente adaptados eram destinados a abrigar com conforto um grande número de pessoas (Day, 1999, p. 134).

A princípio, o projeto de divulgação da ciência de Faraday, iniciou-se apoiado pelo público tradicional que frequentava as *Lectures* ministradas por Sir Humphry Davy (1788-1829), conforme Frank A.J.L. James, (2000, p. 6-7). Um breve resumo, referenciando-se a uma sequência histórica a partir da renúncia em junho de 1801, do médico e filósofo natural Thomas Garnett (1766-1802). A partir daí, Davy tornou-se professor de química em 1802 e estabeleceu na *Royal Institution* um local popular onde realizou trabalhos com fins utilitários através de suas *Lectures* sobre química agrícola, confecção da lâmpada de segurança para os mineiros entre 1815-1816; e, em meados de 1820, o desenvolvimento de procedimentos químicos para proteger os cascos de cobre dos navios de guerra por meios de processos eletroquímicos.

* Centro Universitário de Caratinga

† Universidade Federal de Juiz de Fora

Conforme Thomas (1997, p. 192) para Faraday “uma *conferência* verdadeiramente popular não podia ensinar, e uma *conferência* que realmente ensinasse não poderia ser popular”. Foi através dos esforços desse estudioso britânico, que o projeto de divulgação da ciência para adultos e, principalmente, para os jovens, alcançou o objetivo de ensinar e “perpetuou-se”. Tendo apenas um breve intervalo durante a Segunda Guerra Mundial.

Michael Faraday nos idos de 1826 iniciava dois empreendimentos educacionais eminentemente bem sucedidos de divulgação da ciência. Eles visavam proporcionar acessibilidade à compreensão pública da ciência de um modo geral. Primeiramente, os *Friday Evening Discourses* para os membros da RI e seus convidados, e as *Christmas Lectures (Juvenile Auditory)* para jovens e crianças, sendo ministrada pela primeira vez por J. Wallis com o título “*Astronomy*” (Thomas, 1997, p. 37) ². As *Christmas Lectures* parte integrante desse projeto de divulgação e educação começaram no Natal desse mesmo ano, para uma audiência juvenil, objetivando especificamente popularizar a ciência através da educação.

Somente em 1827, Faraday faz sua primeira *Christmas Lectures* com o título “*Chemistry*” e continuaria as audiências juvenis por ele ministradas até 1861. Ele organizou na ocasião, inclusive, *Lectures* noturnas, as quais deveriam necessariamente divertir e entreter, bem como educar, edificar e, acima de tudo, inspirar ³, pois, a ciência, deveria fornecer meios para fundamentar a educação dos jovens.

O primeiro *Friday Evening Discourses* aconteceu em 03 de fevereiro de 1826, cujo tema foi o caucho (*caoutchouc*) - borracha das Índias Ocidentais e do Brasil -, o estudioso britânico, havia feito em novembro 1824 algumas análises preliminares da seiva dela no laboratório. Particularmente, sobre as propriedades de flexibilidade e de impermeabilidade, que a tornava material útil para preencher as juntas de madeira nas embarcações, ou seja, tanto para calafetar quanto para reduzir as vibrações indesejáveis nas máquinas (Hamilton, 2002) ⁴.

Sobre a prática educativa de Michael Faraday e a divulgação da ciência, contemplamos os estudos das *Lectures I e II* (apresentadas pela primeira vez em 1848) do conjunto das *Christmas Lectures (Juvenile Auditory): The Chemical History of Candle*, publicada em 1861, a qual se tornou um clássico em várias línguas, cujo conteúdo fora dividido em seis partes. Notadamente, sobre os assuntos originados a partir das investigações vivenciadas no interior do laboratório, divulgados em estilo didático na forma de lições públicas cuja linguagem, fundamentava-se conjuntamente a um *design* oral e visual.

Buscou-se identificar, nesse contexto, a originalidade de Michael Faraday, reportando-nos através das nuances inerentes ao processo da elaboração das *Lectures* e as consequências originadas desse empreendimento. Discutiu-se amiúde as subdivisões das *Lectures I e II*, conteúdos respectivamente I - Uma Vela: A chama - Suas Origens - Estrutura - Mobilidade – Brilho e II - Brilho da Chama - Ar necessário para a combustão - Produção de Água (Faraday, 2003, pp. 25-56).

Conforme Day (1999), em contraste, com o foco sobre os elementos químicos das *Lectures* sobre a história química de uma vela, um segundo objetivo das *Christmas Lectures* recaiu no

introduzir uma audiência juvenil explorando, também, elementos de física. Nesse caso, o ensaio de 1860: *On the Various Forces of Nature and their Relations to Each Other*.

Reportamo-nos, ainda, nesse contexto, dando ênfase aos procedimentos técnicos e educativos sobre a produção industrial de velas de diversos tipos, citando o químico Michel Eugène Chevreul (1786-1889), que conferiu um processo importante à confecção delas. Ele percebeu que o *sebo* não era uma substância, mas uma composição de dois *ácidos graxos*, o *ácido esteárico* e o *ácido oleico*, combinados com *glicerina* para formar um material neutro, não inflamável. Removendo a *glicerina*, a partir da mistura com o sebo, Chevreul desenvolveu uma substância, que, fora denominada “*estearina*”. Era mais difícil de queimar do que o sebo e mais brilhante, isto levou ao desenvolvimento de velas de melhor qualidade. Usada agora na manufatura de velas de imersão de Gay-Lussac. Vide, também, Faraday, (2003, p. 27).

A Ciência utilitarista e a Difusão do Conhecimento Científico: Primeiro quartel do século XIX

“A Vida durante a primeira metade do século XIX, parecia ser uma mistura explosiva de atividade cultural e científica em Londres. Este aspecto reformula radicalmente a nossa percepção não apenas sobre Michael Faraday, mas da interação das artes, ciências e educação no alvorecer da era moderna”⁵. A sociedade inglesa da época convivia com várias fontes propícias ao florescimento da ciência, em função da evolução social e científica. Ou seja, a democratização política e a crescente demanda por educação pública inerente à percepção por parte da sociedade inglesa da importância da ciência no cotidiano.

A questão da popularização da ciência tinha conexões mais profundas, pois ela estava ligada aos mecanismos políticos e econômicos que a Inglaterra havia deixado de reestruturar em razão da intempestiva industrialização, principalmente, no final do século XVIII. Sofreria pesadas pressões, logo nos primeiros trinta anos do século XIX, as consequências foram tão intensas que a sociedade londrina teve que se modernizar (Berman, 1958, pp. 3-5)⁶.

As *Lectures* foram os vetores que tornaram possíveis processos especiais de contato entre o universo científico e o público, através da divulgação da ciência em diferentes ramos de atividades. Sobre os engenhos elétricos, as eletroterapias, as máquinas elétricas, como as do francês Hippolyte Pixii (1808-1835), até a influência dos estudos de Faraday sobre os aspectos tecnológicos relacionados ao telégrafo elétrico a cabo (telegrafia submarina na *Swansea Bay*), e os processos endereçados às indústrias químicas. (Thomas, 1997).

As anotações de Faraday permitem-nos compreender a influência do pensamento científico, estendendo-se à construção do social, ocupando-se da divulgação científica relacionando-se à educação como melhoramento intelectual.

Se o termo educação pode ser entendido amplamente no sentido de incluir tudo que é inerente ao desenvolvimento [reforço] da mente, quer pela aquisição do conhecimento através de outras pessoas, ou pelo aumento do mesmo através do seu próprio esforço, então eu posso justificar e apresentar alguma observação respeitando o exercício dos “poderes mentais” (Faraday, 1893, p. 39).

De 1827 até 1860, o estudioso britânico participou ativamente, da realização desse projeto na RI, o empreendimento da divulgação científica, alcançaria grande sucesso nos meios científico e acadêmico. A ciência sem dúvida foi o mais eminente tema para os propósitos de Faraday. Nesse projeto, nenhuma parte poderia ser tratada sem proveito e prazer e, desta maneira, procurava sempre ilustrar, explicar, incluir e inter-relacionar os universos da ciência e das artes.

O projeto de divulgação Friday Evening Discourses e Christmas Lectures (Juvenile Auditory)

Ainda, no contexto público, econômico e moral, de extrema relevância, Michael Faraday, teve envolvimento com a política, bem como desenvolveu ensinamentos científicos sobre a segurança nas minas de carvão e combateu o trabalho desumano e infantil de meninos e meninas nas minas de Halifax (Richards & Hunt, 1965).

A organização dos tópicos das *Lectures* visavam planos direcionados à educação de adultos e jovens, adequadamente, divididos em temas apropriados ao contexto. No caso dos adultos as *Friday Evening Discourses* tinham uma grande variedade de assuntos pertinentes, requeriam preparativos e exercícios especiais, para a apresentação pública.

Os tópicos referenciados nas *Lectures* eram fundamentados em manuais apropriados, ilustrados, inclusive de sua autoria, e experimentos específicos eram executados diante do público assistente. (Day, 1999, p. 134). Naquela época, foram publicados cerca de dezesseis ensaios por ano sob os mais diversos títulos dos *Discourses*, assuntos úteis e de interesse, bem como, um pequeno guia laboratorial, o “*Plan of an extended and practical course of lectures and demonstrations on chemistry*” elaborado por Michael Faraday e William T. Brande. Esse guia ficava no laboratório da *Royal Institution* para consultas (Thomas, 1997, p. 38)⁷.

O sucesso das *Lectures*, como divulgação da ciência, deveu-se principalmente ao fato de que Faraday sabia exercer domínio sobre o público, além de ter grande habilidade para executar experimentos. De fato, diversos experimentos foram apresentados nas conferências ministradas no teatro da *Royal Institution*, cuja ênfase privilegiava o ideal de um processo que se aprendesse com a Natureza.

Planejar e executar as *Lectures* envolviam diversos e distintos tipos inter-relacionados de problemas, quais sejam: a discriminação, a representação, as provas, as escalas e as demonstrações a serem padronizadas. Faraday as adaptou ao público jovem, tornando as *Christmas Lectures* um momento imperdível.

As *Lectures* renderam e fundamentaram diversos comentários, tais como nas obras *Experimental Researches in Chemistry and Physics* (1859), *Experimental Researches in Electricity and Magnetism* publicadas entre 1839 e 1854. Além disso, mais dois livros baseados nas *Christmas Lectures* intitulados *Various Forces of Matter*, (1860) e a popularíssima *Chemical History of a Candle* (1861). Faraday publicou diversos ensaios com os mesmos objetivos, inclusive, uma grande edição composta por 656 páginas constituindo, um manual bem completo, intitulado: *Chemical Manipulation: Being Instructions to Students in Chemistry*.

Quando da publicação dessas obras, o estudioso britânico, expressou o desejo de que esses

manuais levassem aos estudantes segurança, serenidade e imparcialidade. Idealizou exercícios para reforçar o aperfeiçoamento das habilidades da mente dotando o leitor de uma capacidade especial para separar das coisas tidas como aceitas, as certezas e as incertezas.

No âmago desse empreendimento, encontrava-se um objetivo central, ensinar de forma sistemática a manipulação de experimentos oriundos dos laboratórios de pesquisa da *Royal Institution*, promovendo e aperfeiçoando a prática das investigações, a certeza de que as leis da natureza tinham sua origem no conhecimento das coisas naturais. Conforme Faraday (1893, p. 75):

A educação que eu defendo exige paciência e trabalho no pensar cada exercício que tende a melhorar o que se julga. Não importa em qual assunto a mente de uma pessoa esteja ocupada, ela deve praticá-la com a convicção de que ela vai exigir trabalho mental. Uma mente poderosa será capaz de tirar uma conclusão mais facilmente e mais corretamente do que uma de caráter moderado; mas ambas irão superar-se, se elas fizerem uma cuidadosa e séria investigação, em vez de ser prejudicada pelo descuido; a educação para esta finalidade é o mais necessária para o último [argumento], porque o homem de menos letrado pode, através dela, exaltar e alterar a sua posição.

Ainda, complementarmente afirmando sobre aprendizagem autodidata, que: “deveria pedir desculpa, pois, o que dissera fora entendido no sentido de que para a melhoria e fortalecimento da educação deveria conjuntamente ser reprimida a imaginação, ou limitado o exercício da mente a processos de caráter matemático ou mecânico” (Faraday, 1893, p. 68).

A parte inicial da *The Chemical History of a Candle*, cuja subdivisão é a *Lecture I - Uma Vela: A chama, Suas Origens, Estrutura, Mobilidade e Brilho* -, começa com uma proposta de demonstrar em toda a sua extensão, a história química de uma vela. Em tese Faraday (2003, p. 25) cita que: “Não existe lei pela qual seja regida qualquer parte do Universo, que não entre em ação e não seja influenciada por esses fenômenos”. Bem como, “Não há melhor caminho para que os senhores possam iniciar o estudo da filosofia natural (trata-se da ciência física atualmente) do que o exame dos fenômenos físicos de uma vela”.

No prefácio da primeira edição, em 1861, Sir Williams Crookes (1832-1919)⁸ cita que, “entre os leitores deste livro alguns poucos podem dedicar-se a aumentar os estoques de conhecimento: a lâmpada da Ciência deve alimentar a chama, *Alere flammam*” (Thomas 1997, p. 193-199). Faz, inclusive, um roteiro bastante detalhado sobre as características físico-químicas de uma vela, bem como sua estrutura e correlações, com outros materiais, que se comportam como uma vela, por exemplo, a *candle-wood*, a vela do filósofo, etc. Assim, como razão inerente e essa pesquisa, adentrou-se nas subdivisões sobre os constituintes, sobre a descrição e o preparo - manufatura e processo - acabamento de uma vela, sobre a estrutura das chamas e suas características peculiares (Faraday, 2003, p. 26-29).

Naturalmente, perpassou-se às diversas questões intrínsecas, propriamente ditas, ou seja, quando o ar chega à vela e a importância da concavidade – implicações quanto à permanência da chama acesa, quanto ao aspecto da chama, como ela é atingida pelo estado vaporoso do

combustível, localizado em um ponto escuro no centro da vela, quanto à “atração ou repulsão capilar” como causa que determina a subida ou a descida de um fluido em um tubo capilar –, fenômeno da capilaridade, da sifonação, da mobilidade e da beleza do brilho, bem como, a dependência direta dos metais na formação da chama (Faraday, 2003, p. 33-37).

Faraday (2003, p. 38-41), antes de fechar a *Lecture I*, reporta-se a um experimento, no qual faz correlações com uma vela, para mostrar a mobilidade das chamas que sobem ou descem (devido às correntes de ar), comparando uma com a outra. Nesse caso, propõe generalizando, transformar uma corrente ascendente (chama no alto) em uma corrente descendente. Referindo-se à mobilidade e ao brilho da chama, ele ilustra o fato de que uma chama pode subir ou descer de acordo com a corrente de ar ascendente ou descendente. Exemplificando, a mudança de uma corrente ascendente levantando as chamas para cima e uma corrente descendente para baixo. Usava não mais uma vela, mas sim um aparelhinho (uma espécie de chaminé) Figura 1, contendo álcool etílico e cloreto de cobre diluído para produzir uma chama esverdeada que facilitasse o acompanhamento do trajeto da chama. (Faraday, 2003, p. 38-39).

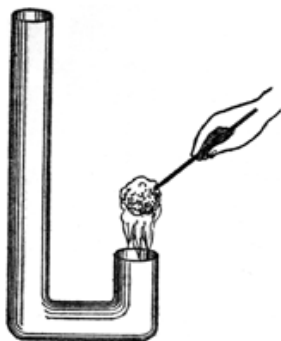


FIGURA1: Experimento da *Lecture I*: sobre a mobilidade e brilho da chama. Reporta-se à mobilidade e à combustão através das correntes ascendentes e ou descendentes.

FONTE: FARADAY, 2003, p.39.

Complementando o entendimento do experimento, ainda citando Faraday:

Assim, ascendendo o espírito de vinho [ou álcool etílico], produzimos uma chama que, segurada pelo ar vai naturalmente para cima. Agora os senhores podem compreender, com bastante facilidade, a razão pela qual, em circunstâncias normais, as chamas sobem: isto se deve à corrente de ar pela qual se forma na combustão (p. 39).

O experimento da Figura 1 é finalizado conforme a seguinte citação:

Agora, no entanto, vamos soprar a chama de cima para baixo, e veremos que a chama também se inverte. Antes de terminarmos estas lições, tenho que vos mostrar uma pequena chaminé em que a chama se dirige para cima e o fumo para baixo, ou a chama para baixo e o fumo para cima. Vejam que temos o poder de variar a chama em diferentes

direções (p. 39).

Na parte inicial da subdivisão da *Lecture II*: O ar necessário à combustão - Brilho da Chama - Ar necessário para a combustão - Produtos da Combustão. Faraday (2003, p.43) esclarece que: “Para examinar esta vela com cuidado, [ele] preparou um aparelho (Figura 2) cuja serventia os senhores perceberão, à medida que prosseguirmos”. Esse aparato por ele confeccionado proporcionava analisar a parte escura das chamas, esclarecia dois fenômenos distintos, um era a produção de vapor - não se tratavam de gases, os gases se mantinham permanentes – eram vapores, pois, condensavam – (p.44), e o outro era a combustão do vapor, a qual ocorria em partes específicas da vela. Assim como as especificidades e locais onde ocorria a combustão, a localização do calor, mais precisamente se formava na fronteira onde o ar e o combustível mantinha contato. (Faraday, 2003, p. 45-46)

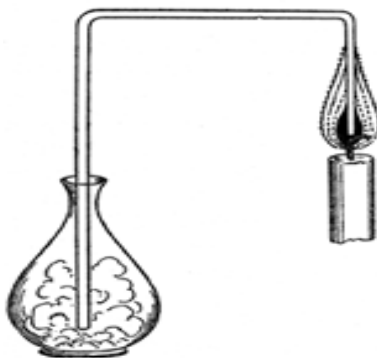


FIGURA 2: Aparato versátil para diversas constatações relativas às características do ar necessário e as relações da produção de vapor e combustão vapor, o brilho da chama e os produtos da combustão, para examinar uma vela com cuidado e o caminho que a sua estrutura tomada após a queima.

FONTE: FARADAY, 2003, p. 43.

Esse aparato separava os vapores, a partir, do interior (o meio) da chama vertendo para um frasco, conforme a figura 2, os vapores eram produzidos pelo calor, e a vela desaparecia. Conforme, o estudioso britânico:

...agora peço a vossa atenção para a forma como vamos nos deter em uma parte particular da chama, de modo a descobrirmos o que aí acontece, como e onde acontece, e, no final, para onde vai toda a vela; porque vocês sabem muito bem, que uma vela, quando queimada, acaba por desaparecer; e se for queimada da forma correta, nem um traço de sujidade deve restar no candelabro, o que é muito curioso. (Faraday, 2003, p. 43.)

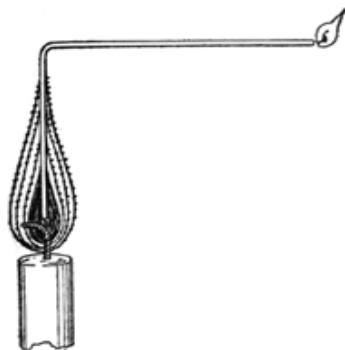


FIGURA 3: O ar necessário à combustão. Observação de diferentes ações - produção do vapor e sua combustão.

FONTE: FARADAY, 2003, p. 45.

Nesse caso, ele instalou cuidadosamente outro tubo na chama da vela, vide Figura 3 em um local distante dela. Então, no centro da chama, encontrava-se o pavio (algodão), havia vapor oriundo do combustível. Na fronteira entre a produção de vapor e a combustão ocorria uma intensa reação química; o ar e o combustível atuavam um sobre o outro e, no exato momento em que se obtinha a luz, o vapor do lado de dentro era destruído. Naturalmente, o calor ficava acima da chama. (Faraday, 2003, p.45).

Na continuidade, o estudioso britânico, discute sobre a importância da pureza do ar (refere-se ao ar puro) necessário à combustão, sobre a fuligem, carvão ou carbono, as relações da chama, por exemplo, em um cadinho contendo pólvora (queima com produção de chama) e limalhas de ferro (queima com um tipo diferente de combustão) ou com licopódio (pó amarelo encontrado no fruto de certas plantas) eram capazes de queimar sem produzir vapor e gerar sua própria chama. (p. 49).

Faraday contemplaria várias das manifestações e experiências realizadas nas *Lectures* que poderiam ser reproduzidas ou realizadas por jovens e crianças “em casa”. Advertindo, inclusive, sobre os cuidados e atenção à segurança.

O Conteúdo das 6 (seis) *Lectures* do *Chemical History of Candle* compunha-se de:

Lecture I: Uma Vela: A chama - Suas Origens - Estrutura - Mobilidade – Brilho.

Lecture II: Ar necessário para a combustão - Brilho da Chama - Produtos da Combustão.

Lecture III: Produtos: Água da Combustão - Natureza da Água - A Composto – Hidrogênio.

Lecture IV: Hidrogênio na Candle - Queimaduras em Água - A outra parte da água – Oxigênio.

Lecture V: Oxigênio presente no ar - Natureza da Atmosfera - suas propriedades - Outros Produtos da vela - o ácido carbônico - suas propriedades.

Lecture VI: Carbono ou carvão - Carvão Gás respiração e sua analogia com a queima de uma vela.

A divulgação refletiu imenso interesse pelo ensino de ciência, situações isoladas em que alguns experimentos foram executados em condições especiais e públicas, apesar de criarem problemas para a teoria. Faraday os resolvia, referindo-se a fatos notórios usando o próprio questionamento do ensaio que por ventura viesse a constituir dúvida; e, com serenidade e segurança os refazia (Day, 1999, p.192).

O estudioso britânico usou essas informações para modificar, patentear, evidenciar a concepção do experimento, que fosse motivo de dúvidas e expectativas adversas sobre a execução deles. Mais informações e aspectos sobre o contexto, vide no *On Mental Education* (Faraday, 1893, p. 64-65).

Conforme Gooding (1989, p. 104-106), Faraday mantinha completa suas notas e ensaios com notável cuidado. Considerava tudo que elevasse e esclarecesse ao intelecto sua prática. Assim, o estudioso britânico demonstrava que as relações entre os testes, produções e aprendizagens eram mais interessantes e mais complexas do que apenas realizar experimentos.

Naturalmente, para o estudioso britânico, como resultado de uma condição mental saudável, fazia-se necessário, ser capaz de formar um julgamento proporcional ao que se tornaria útil. Pois, a mente, naturalmente, desejava resolver ou sobre uma coisa ou outra; no intento de descansar em cima de uma afirmativa ou negativa (Faraday, 1893, p. 71). Assim, em vários momentos, apesar, dele, normalmente, explorar os temas mais diversos, priorizava aqueles que se caracterizavam pela utilidade.

No trabalho de Faraday, o cultivo às imagens relativas aos experimentos de divulgação da ciência fora menos formal (Gooding, 1989, p. 94-96). Porém, algumas vezes, o formato tornou-se um agregado de metáforas refletindo uma notável tensão dramática, provendo os experimentos de uma visão extraordinária entre o real expresso pela natureza e o julgamento da investigação. Para Thomas Simpson todos esses procedimentos identificam um paradigma visual na investigação experimental de Michael Faraday⁹. (Simpson, 1970, p.6-16)

Por outro lado, reforça-se a distinção do utilitarismo que se refletia nas *Lectures* e nas investigações sobre o eletromagnetismo. Como observou o filósofo americano Charles S. Peirce, “Faraday tinha o grande poder de esboçar as ideias de seus experimentos fazendo seus aparatos físicos, sem vacilar ‘pensarem’, então, a experimentação e a inferência eram dois processos em um só” (Wiener, 1996, p. 272).

Michael Faraday acreditava que além de ser um processo educativo, o uso das “descobertas científicas”, melhoravam o conhecimento humano como se fosse a criação de um momento para glorificar Deus, parafrazeando a Epístola de São Paulo aos Romanos. Tal missão era um expressivo trabalho que resultaria na confecção de um presente para a humanidade. Como proposta de divulgação da ciência direcionou-se ao ensino e tornar público o conhecimento científico através de uma linguagem acessível.

Corroborando a opinião de David Gooding (1982, p. 62-64), em relação aos pressupostos introdutórios de um dos principais textos analisados neste trabalho, há uma heurística religiosa

inserida na *Lecture Observations on Mental Education* (1854)¹⁰. No entanto, os assuntos originados a partir das pesquisas, ou melhor, a partir das investigações vivenciadas no interior do laboratório constavam no livro da Natureza, e foram popularizados através de alegorias, com o intento de tornar possível a compreensão desses experimentos ao alcance dos leigos.

Considerações Finais

Com relação à discussão e construção do projeto de Faraday para a Educação, iniciado em 1826, ele se expandiu até 1860. Sua posição perante a comunidade científica como figura pública mencionaram fortemente suas convicções arraigadas, as quais enfatizavam o debate sobre o lugar apropriado que a ciência deveria ocupar na educação e na formação dos jovens.

As *Lectures*, em particular, encapsularam os pontos de vista de Faraday: o ponto de partida encontra-se no debate contínuo sobre o papel da ciência como base para o progresso tecnológico, argumentos que considerava inerente ao estudo da ciência para fomentar a educação e bem estar. No texto das *Lectures Friday Evening Discourses*, de 1854, intitulada *Wheatstone's Electric Telegraph's Relation to Science*, ele argumenta a necessidade de se reconhecer a ciência como um ramo da Educação.

Na *Chemical History of Candle (Christmas Lectures - Juvenile Auditory)* a experimentação e a capacidade intelectual de um cientista do século XIX, um texto emblemático, trata-se de um dos mais editados exemplos de divulgação científica, em diversos idiomas, estenderam os argumentos, de que o estudo da ciência era um processo também educativo, o qual contribuiria para repensar a educação dos jovens. Faraday permaneceu na comunidade científica como uma eminente figura pública, dedicada à ciência e a educação dos jovens britânicos, particularmente, o debate mais apreciado fora sobre as relações entre ciência versus tecnologia e aprendizagem sobre a natureza das coisas.

Enfim, a ênfase metodológica em Michael Faraday, conjuntamente nas *Lectures* e nas explicações de esboços para definir resultados da prática experimental, não foi usada apenas para testar tais previsões. Contrariamente, o *design* oral e visual fora usado de modo simples, entretanto, envolveu interações e sutilezas entre o experimento e a observação. Nesse aspecto, ele permitiu que se reproduzissem os experimentos escolhidos e apresentados nas *Lectures*, persuadindo dessa forma, que o pensamento científico influenciasse no reconstruir, refinar e reelaborar ideias, ou melhor, plantear meios para o entendimento da ciência e as relações com os fenômenos naturais. Assim, a divulgação científica conjuntamente aos processos educativos - Ensino e Instrução - em Michael Faraday foi pioneira.

Notas

1. Todas as traduções dos textos foram feitas pelos autores. Citação retirada da coletânea de Michael Faraday, "On Observation on Mental Education", in: *Lectures on Education Delivered at the Royal Institution of Great Britain* published by University of California, 1893.

2. Peter Day (1999, p. 186). As *Christmas Lectures (Juvenile Auditory)* visavam principalmente, demonstrar e recriar um ambiente envolvente, agradável o bastante, diferentemente do rigor “científico” dos laboratórios, transpor experimentos e divulgá-lo orientados aos jovens entre 15 – 20 anos e reconstruir experimentos, com toda profundidade teórica para estimular e, principalmente, para despertar nos jovens a vontade de aprender a “treinar a mente”, ou melhor, “disciplinar a mente”.
3. John Meurig Thomas, *Michael Faraday and the Royal Institution: The Genius of Man and Place*, 1997, p. 192.
4. James Hamilton, *Faraday: The Life*, 2002, pp. 196-197. Nos experimentos com o *caoutchouc desta vez em 1825 aqueceu em tubos, combinou com óxido de cobre e de enxofre, quebrou e misturou seus constituintes, prensou e pulverizou, a ideia era confeccionar tubos flexíveis para experimentos em laboratórios, fazer teste como isolante, separar os produtos químicos que o destruisse e os que nada influenciassem na estrutura. Na indústria manufatureira o uso para a confecção de tecidos e roupas, além de que seria um bom material para ser usado como proteção na chuvosa Londres.*
5. Caroe, 1985, p. 54. Vide também, Peter Day, *The Philosopher’s Tree: A Selection of Michael Faraday’s Writings*, p. 142.
6. Cantor et al, 1989, pp. 70-73. “Reading the Book of Nature”, (Org) David Gooding and Frank A. J. L. James, in: *Faraday Rediscovered Essays on the Life and Work of Michael Faraday, 1791-1867*.
7. Dennis Richards & J. W. Hunt, *Modern Britain 1783-1964*, p. 18-19.
8. Gooding, 1989, p. 105. “In Nature’s: Faraday as an Experimentalist”, in: *Faraday Rediscovered: Essays on the Life and Work of Michael Faraday, 1791-1867*.
9. T. Simpson, “Faraday’s Thought on Electromagnetism”, *The College*, XXII, 1970, 2, pp. 6-16.
10. Geoffrey Cantor, David Gooding & Frank A. J. L. James, 1996, *Michael Faraday*.

Bibliografia

- BELTRAN, M. H. R. (Org.). (2005). “Divulgação de conhecimentos sobre as artes e sobre as ciências: os manuais práticos”. José Luiz Goldfarb & Maria Helena Roxo Beltran (Orgs.). In: *Colóquio CESIMA Ano X*, pp. 140-145. São Paulo.
- BERMAN, MORRIS. (1978). *Social Change and Scientific Organization, 1799 – 1844*. Itaca, New York: Cornell University Press.
- CAROE, G. (1985). *The Royal Institution: An Informal History*. London: John Murray Publishers.
- CRAWFORD, E. (1998). “Michael Faraday na Aprendizagem da Ciência e das Atitudes da Mente”. *Ciência e Instrução*, 7(2, 1998): 203-11.
- DAY, PETER. (Org.). (1999). *The Philosopher’s Tree: A Selection of Michael Faraday’s Writings*. Bristol/Philadelphia: Institute of Physics Publishing.
- CANTOR, G. (Org.). (1989). “Reading the Book of Nature”, (org) David Gooding and Frank A. J. L. James, in: *Faraday Rediscovered: Essays on the Life and Work of Michael Faraday, 1791-1867*, 2ª Ed. Hong Kong/London: MacMillan Press.
- FARADAY, MICHAEL. (1842). *Chemical Manipulation, Being Instructions to Students in Chemistry*. 3ª ed. London: John Murray.

- FARADAY, MICHAEL. (1893). "Observation on Mental Education". In: *Lectures on Education Delivered by the Royal Institution of Great Britain*. San Francisco: University California, 1983.
- FARADAY, MICHAEL. (1994). *Experimental Researches in Electricity*. Chicago/London: Enciclopædia Britannica. (Great Books of Western World, Vol. 42).
- FARADAY, MICHAEL. (2003). *A história química de uma vela - As forças da natureza*. (Org.). Ildeu de Castro Moreira. Trad. brasileira de Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Contraponto.
- GOODING, DAVID. (1982). "Empiricism in Practice: Teleology, Economy, and Observation in Faraday's Physics". *Isis*, 73(1982): 46-67.
- HAMILTON, J. (2002). *Faraday: The Life*. London: Harper Collins Publishers.
- JAMES, FRANK A.J.L. (2000). *Guides to the Royal Institution of Great Britain: 1 HISTORY*. London: Royal Institution of Great Britain.
- RICHARDS, D. & J. W. Hunt. (1965). *An Illustrated History of Modern Britain 1783-1964*. 2a ed. London: Longmans.
- SIMPSON, T. (1970). "Faraday's thought on Electromagnetism". *The College*, XXII (2): pp. 6-16.
- SINGER, C. S. *et al.* (1958). *A History of Technology*. Oxford: Clardon Press.
- THOMAS, J. M. (1997). *Michael Faraday and the Royal Institution: The Genius of Man and Place*. Bristol/Philadelphia: Institute of Physics Publishing.
- WIENER, P.P. (Org.). (1996). *Charles S. Peirce: Selected Writings*. New York: Dover.
- WOLPERT, L. (1993). *The Unnatural Nature of Science*. London/Boston: Faber and Faber.

El condicionamiento del “marco epistémico” en distintos tipos de análisis constructivista

Gastón Becerra *, *José Antonio Castorina* †

Introducción

En este trabajo se busca dar precisiones sobre uno de los conceptos claves de la “epistemología constructivista” iniciada por Jean Piaget y Rolando García: la noción de “marco epistémico”. Introducida originalmente en la obra “Psicogénesis e Historia de la ciencia” (Piaget & García, 1982) para referir al condicionamiento de la ideología sobre las teorizaciones científicas, la noción de “marco epistémico” ganó centralidad en los trabajos posteriores de Rolando García (2000, 2006) en los que se buscó una revisión de la epistemología piagetiana y su extensión a la reflexión de problemas científicos contemporáneos.

La noción reviste interés en distintos tipos de indagaciones constructivistas, en las que varían las preguntas y objetivos, los materiales que se trabajan y hasta el enfoque adoptado, y sin embargo en todas ellas reaparece la preocupación central a la que respondía la noción de “marco epistémico”: la relación entre conocimiento y sociedad. Con el fin de lograr una mayor precisión para dicha noción, en este trabajo se distinguen 4 tipos de análisis constructivistas, y se precisa la forma en que el condicionamiento social reaparece en cada uno de ellos. En cierta forma se trata de distinguir significados particulares que adquiere el “marco epistémico” en el marco más amplio del constructivismo como un enfoque general.

Los 4 tipos de investigación y significados del marco epistémico que se identificaron son: (ME1) en el análisis psicogenético, como marco para los procesos de significación y reelaboración del conocimiento a lo largo de la vida de un individuo; (ME2) en el análisis sociogenético de la historia de la ciencia, como marco ideológico de las teorizaciones; (ME3) en la reflexión metateórica, como supuesto del análisis de un programa teórico o disciplinar específico; (ME4) en la reflexión científica contemporánea, como fundamento de la investigación interdisciplinaria orientada al tratamiento de problemáticas sociales complejas. Sostenemos que esta diversidad, lejos de ser producto de una ambivalencia del término, responde a la generalidad y centralidad de la relación conocimiento-sociedad a lo largo del programa constructivista.

Las precisiones que buscamos en torno al marco epistémico no se desprenden de un trabajo exegético sino más bien de la reflexión sobre el andamiaje conceptual de programas constructivistas contemporáneos. Así, seguimos tanto la revisión de García, como nuestras propias reflexiones sobre su impacto y potencialidades en el pensamiento epistemológico constructivista.

* Universidad de Buenos Aires

† Universidad de Buenos Aires, CONICET

El trabajo se estructura de la siguiente forma. En la primera sección reseñamos brevemente la caracterización de García del conocimiento como “sistema complejo” en cuyo contexto la noción adquiere su mayor elaboración. Luego se introducen por separado cada uno de los tipos de análisis constructivistas, y se discute la especificidad del sentido que adquiere el marco epistémico en cada uno de ellos.

El conocimiento como “sistema complejo”

En su revisión de la teoría epistemológica de Jean Piaget, Rolando García (2000; 2006) conceptualiza al conocimiento como un “sistema complejo”, es decir, como una totalidad relativa cuyos elementos componentes no se pueden estudiar en forma aislada, ya que sus funciones sobre la totalidad se encuentran mutuamente determinados o “interdefinidos”, siendo estas relaciones las que determinan la estructura del sistema y dan lugar a sus reorganizaciones.

Tomado el conocimiento como un sistema complejo, García identifica 3 subsistemas: el biológico, el psicológico-mental y el social. Cada uno de estos subsistemas se corresponde con un nivel de organización semi-autónomo condicionado por los otros subsistemas. La noción de marco epistémico hace foco en la relación entre el subsistema social y el psicológico-mental. El problema que García nos invita a analizar es el de los mecanismos por el que opera este condicionamiento.

Una tesis central del enfoque constructivista de García es que la actividad condicionante del marco epistémico sobre el sistema cognoscitivo –refiera luego al dominio de los conocimientos individuales o científicos– se debe analizar desde los procesos propios de la actividad cognoscitiva, es decir, en relación al proceso de “asimilación”. De esta forma el condicionamiento social modula el funcionamiento cognoscitivo sin eliminar su especificidad constructiva. En lenguaje sistémico, García se refiere a estas interacciones como “flujos de intercambio” entre una actividad intrínseca de un sistema y sus “condiciones de contorno” (García, 1999).

ME1. El marco epistémico en la psicogénesis

En lo que respecta al nivel del análisis psicogenético, involucrado con el desarrollo de los esquemas elementales infantiles hasta el pensamiento adulto, el marco epistémico constituye el contexto social de significados que enmarca las actividades cognoscitivas del niño y el mundo. Para el constructivismo revisitado, los objetos de conocimiento están situados en una trama de significados sociales e ideológicos que pueden suministrar una orientación o constituir un límite a las acciones cognoscitivas del individuo.

La forma más explícita de significación es la visibilización o invisibilización de ciertos fenómenos u objetos en un mundo social compartido. La presencia / ausencia de los mismos en la vida cotidiana de los grupos sociales resulta en diferentes formas de relacionarse con el mundo externo y puede jugar un rol al posibilitar o inhibir de ciertos conocimientos (Castorina, 2012, p.152). Esta significación social se vuelve aún más relevante para aquellos conocimientos

del orden de lo social, cultural o moral, en el cual el sujeto cognoscente interactúa con otros agentes antes que con sus propias acciones y el mundo (Youniss & Damon, 1992).

Se debe notar que, al hablar de “condiciones de contorno” entre subsistemas del conocimiento, el constructivismo se separa de aquellas corrientes que ven en lo social una “influencia externa” sobre los conocimientos. Por el contrario, las significaciones del niño y del contexto social se encuentran indisolublemente entrelazadas: el conocimiento es a la vez individual y social (Castorina, 2009). El resultado se ha expresado en términos de una paradoja: el niño crea un significado que (socialmente) espera ser recreado (Overton, 1994, p. 5) a través de un recorrido personal de apropiación por diversos espacios sociales.

Partiendo de esta visión se han desarrollado programas de investigación que buscan complementar la indagación de la psicología del desarrollo de inspiración piagetiana con teorías sociales o psico-sociales en torno a imaginarios compartidos. Así, por ejemplo, en los estudios sobre desarrollo moral, particularmente sobre la creencia del mundo justo, se afirma que la actividad reconstructiva de cada niño se encuentra limitada por la ideología (Barreiro, 2009).

ME2. El marco epistémico en el desarrollo del conocimiento científico

Para el constructivismo de Piaget y García, los instrumentos, procesos y mecanismos del desarrollo del conocimiento son comunes e invariantes al desarrollo individual y a la historia de la ciencia. Son los contenidos los que se actualizan históricamente y dependen de un contexto de formación (García, 2000, p.148).

Es en este nivel de análisis que se formula la definición más conocida de marco epistémico. García se refiere aquí a un “[...] sistema de pensamiento, rara vez explicitado, que permea las concepciones de la época en una cultura dada y condiciona el tipo de teorizaciones que van surgiendo en diversos campos del conocimiento” (García, 2002, p. 157). Así el marco epistémico es identificado con una “concepción del mundo” (Weltanschauung) o “visión de la naturaleza”, que se constituye a partir de factores socio-políticos y filosófico-religiosos, y que permanece implícito en las teorizaciones.

Debemos distinguir el marco epistémico de un “paradigma social” que determine explícitamente la orientación del esfuerzo científico (Piaget & García, 1982; García, 1987). Por ejemplo, la investigación sobre energía nuclear antes que sobre fuentes alternativas, a raíz de ciertas instancias de decisión o enfrentamiento entre grupos sociales. Es claro que se trata aquí de una fuerza exógena al sistema cognoscitivo y que poco puede aclarar sobre sus mecanismos intrínsecos. Por el contrario, conviene pensar al marco epistémico como un sistema de ideas implícitas o naturalizadas, que se expresa como un juicio crítico sobre lo que se considera “científicamente aceptable” en un momento histórico determinado. Es decir, el marco epistémico “problematiza” ciertos aspectos del mundo para la ciencia, habilitando ciertas preguntas y ciertos tipos de conceptualizaciones, a la vez que opone un “obstáculo epistemológico” sobre otros aspectos y formas (Bachelard, 2000).

Podemos mencionar un ejemplo. Las diferencias entre el curso de la ciencia clásica china y

la ciencia occidental se pueden pensar a partir la preeminencia de diferentes marcos epistémicos. Así en los siglos IV y III a.C. se desarrollan en China una diversidad de transformaciones socioeconómicas, e incluso una revolución tecnológica, que constituyen el contexto en el cual emerge el taoísmo, con sus componentes religiosos, filosóficos y políticos. El condicionamiento de esta cosmovisión, en la cual el mundo es concebido dialécticamente como un organismo en constante fluir, posibilitó la emergencia de ciertas preguntas y obstaculizó otras formulaciones -como por ejemplo, la matematización de la física-, lo que puede explicar parcialmente por qué no se dio una revolución científica con las características de la que sucedió en occidente (García, 2000).

ME3. El marco epistémico en el análisis meta-teórico

El marco epistémico que ha operado en la historia de un campo disciplinario puede ser insumo de reflexión para los investigadores interesados en equilibrar mejor su proceso de investigación, el que incluye tanto la investigación empírica, la elaboración teórica, la reflexión meta-teórica (Castorina, 2007) y el análisis conceptual (Laudan, 1977). En este sentido, el marco epistémico, lejos de ser explícito, se devela a través del análisis epistemológico de la construcción de los diferentes niveles de teorización (García, 2001, p. 618). Esto implica que tanto la formulación de los problemas y preguntas de investigación, las revisiones teórico-conceptuales, la selección y recorte de aquello que se construye como “dato”, las formas en que se interpretan, e incluso la adopción de ciertos modelos explicativos están condicionadas y moduladas por el contexto social. Esta indagación es compatible con lo que Piaget (1979) ha llamado “epistemología interna” de las disciplinas.

Para nosotros este análisis crítico de los supuestos de las teorías juega un lugar central en la evaluación de relaciones con otras teorías y organizaciones más amplias como programas o tradiciones de investigación, la convergencia entre corrientes y sus problemas de compatibilidad (Castorina, 2007). Por ejemplo, en el campo de la psicología del desarrollo, podemos distinguir, por un lado, entre un marco epistémico ligado a la escisión de las relaciones entre el sujeto, el mundo y los otros; y por el otro, un marco epistémico de tipo sistémico cuyo foco se encuentra en las relaciones constitutivas entre lo subjetivo y lo intersubjetivo. La adopción explícita de este marco epistémico por los investigadores ha permitido formular problemas referidos a la emergencia de nuevos sistemas y funciones cognoscitivas, los que no podían plantearse desde el marco epistémico escisionista, aún hegemónico en la disciplina (Castorina, 2008). Incluso, asistimos en las ciencias sociales a la construcción de modelos sistémicos de explicación, enmarcados en un marco epistémico relacional, que parecen pertinentes para estudiar las transformaciones de los fenómenos sociales y cognoscitivos.

ME4. El marco epistémico en la investigación interdisciplinaria de problemas complejos

Quisiéramos, finalmente, dar cuenta de la particularidad de la noción de marco epistémico como condición de posibilidad de la práctica interdisciplinaria. Este tipo de desarrollos científicos se suelen orientar por la pretensión de lograr una visión integradora sobre una

problemática “compleja”, es decir, por situaciones, fenómenos y comportamientos críticos, con límites difusos y dinámicas intrincadas, que requieren de la intervención urgente de diferentes grupos sociales, entre los que se encuentran particularmente los científicos de quienes se espera puedan generar el conocimiento suficiente para una intervención exitosa.

En sus casos más paradigmáticos las “problemáticas complejas” incluyen fenómenos y procesos naturales, físicos y sociales. La complejidad aquí está asociada a la dificultad de construir un marco integrador de teorías y metodologías de disciplinas diversas con el cual estructurar un cierto recorte de la realidad como un objeto de conocimiento científico. Con diferentes niveles de elaboración, y bajo la perspectiva de los “sistemas complejos”, podemos mencionar como ejemplo a los estudios de problemáticas eco-ambientales, productivas y de impacto tecnológico llevados adelante por García y seguidores (1986, 2011; Castañares Maddox, 2009; Becerra, Baldatti & Pedace, 1997).

Una construcción de este tipo estará siempre condicionada por una necesidad social y política que se expresa en las preguntas ¿qué debe hacerse? ¿por qué queremos intervenir?, y sólo a partir de allí ¿cómo se define el sistema complejo? ¿cuáles son las preguntas que guían su indagación? El marco epistémico se expresa por medio de la “escala de valores” de los investigadores, en los objetivos del “proyecto de investigación” y en las preguntas que guían su marcha. Se trata, en nuestra opinión, de la forma más evidente de la relación ciencia-sociedad: la pregunta reflexiva de ¿qué tipo de ciencia queremos? y ¿al servicio de qué problemáticas e intereses?

Con esta orientación se inicia una marcha dialéctica de integraciones y diferenciaciones de miradas disciplinarias especializadas sobre los diferentes aspectos del problema en cuestión, que se detiene cuando se llega a una imagen coherente de la problemática con un modelo capaz de explicar los comportamientos que interesaban en primer lugar (García, 2006; Becerra, 2014).

Conclusiones

El análisis de la noción de “marco epistémico” pone en evidencia la generalidad y centralidad de la relación conocimiento-sociedad en los diferentes tipos de indagaciones de la epistemología constructivista. En cualquiera de los niveles, el mecanismo del condicionamiento entre conocimiento y sociedad es el mismo: lo social orienta y limita, sin determinar el alcance y la dinámica de la actividad cognoscitiva de los diferentes sujetos epistémicos. De esta forma el constructivismo revisitado integra lo social al núcleo del problema epistemológico sin pretender supeditararlo.

Por su parte las diferencias registradas entre los niveles se explican por la especificidad de los objetivos particulares del análisis constructivista. En resumen podemos proponer la siguiente tabla:

Nivel de análisis constructivista	¿Quién lleva a cabo el análisis?	¿Qué unidad de análisis?
#1. Psicogenético	Psicólogo	Niño en un contexto social
#2. Historia conocimiento científico	Epistemólogo	La ciencia como colectivo
#3. Meta-teoría	Científico reflexivo	El ciclo metodológico de sus propias investigaciones
#4. Interdisciplina	Equipo multidisciplinario + Coordinador	Equipo multidisciplinario y su tabla de valores

Creemos que nuestra afirmación original es sustentable. Las diferencias que registra la noción de marco epistémico no son producto de una ambivalencia conceptual sino de un condicionamiento general de lo social sobre lo cognitivo que se expresa con sus particularidades en diferentes tipos de análisis de la epistemología constructivista.

Bibliografía

- BACHELARD, G. (2000). *La formación del espíritu científico. Contribución a un psicoanálisis del conocimiento objetivo*. Buenos Aires: Paidós.
- BARREIRO, A. V. (2009). La Creencia en la Justicia Inmanente Piagetiana : Un Momento en el Proceso de Apropiación de la Creencia Ideológica en un Mundo Justo. *Psyche*, 18(1), 73–84.
- BECERRA, G. (2014). Interdisciplina y sistemas complejos. Un enfoque para abordar problemáticas sociales complejas. *{PSOCIAL} Revista de Investigación En Psicología Social*, 1(1), 34–43.
- BECERRA, N., BALDATTI, C., & Pedace, R. (1997). *Un análisis sistémico de políticas tecnológicas. Estudio de caso: el agro pampeano argentino 1943-1990*. Buenos Aires: Centro de Estudios Avanzados, Universidad de Buenos Aires.
- CASTAÑARES MADDIX, E. J. (2009). *Sistemas complejos y gestión ambiental: el caso del Corredor Biológico Mesoamericano México*. México D.F.
- CASTORINA, J. A. (2007). El significado del análisis conceptual en psicología del desarrollo. In *Epistemología e Historia de la Ciencia. Vol. 13* (Vol. 13, pp. 132–138). Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.
- CASTORINA, J. A. (2008). El impacto de las representaciones sociales en la psicología de los conocimientos sociales: problemas y perspectivas. *Cadernos da Pesquisa* (Vol. 38).
- CASTORINA, J. A. (2009). El constructivismo de inspiración piagetiana y el constructivismo radical. Un análisis crítico. In J. C. L. Narcandi, T. S. Criado, & D. L. Gómez (Eds.), *¿Dónde reside la acción? agencia, constructivismo y psicología* (pp. 91–116). Murcia: Universidad de Murcia.
- CASTORINA, J. A. (2012). *Psicología y Epistemología genéticas*. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- GARCÍA, R. (1981). *Nature pleads not guilty*. Oxford: Pergamon Press.

- GARCÍA, R. (1986). Conceptos básicos para el estudio de sistemas complejos. In E. Leff & J. M. Montes (Eds.), *Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo* (2nd ed., pp. 381–409). México: Siglo XXI.
- GARCÍA, R. (1987). Sociology of science and Sociogenesis of Knowledge. In B. Inhelder, D. Caprona, & A. Cornu (Eds.), *Piaget Today* (pp. 127–140). Taylor & Francis Group.
- GARCÍA, R. (1997). Piaget y el problema del conocimiento. In R. García (Ed.), *La epistemología genética y la ciencia contemporánea : homenaje a Jean Piaget en su centenario* (pp. 25–44). Barcelona: Gedisa.
- GARCÍA, R. (1999). A Systemic Interpretation of Piaget's Theory of Knowledge. In E. K. Scholnick, C. Nelson, S. Gerlman, & P. Miller (Eds.), *Conceptual Development: Piaget's Legacy (Jean Piaget Symposia Series)* (pp. 165–184). New Jersey: Psychology Press.
- GARCÍA, R. (2000). *El conocimiento en construcción: De las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de sistemas complejos*. Barcelona: Gedisa.
- GARCÍA, R. (2001). Fundamentación de una epistemología en las ciencias sociales. *Estudios Sociológicos*, XIX, 615–620.
- GARCÍA, R. (2006). *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona: Gedisa.
- GARCÍA, R. (2011). Interdisciplinarietà y sistemas complejos. *Revista Latinoamericana de Metodología de Las Ciencias Sociales*, 1(1), 66–100.
- KUHN, T. S. (1969 [2007]). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- LAUDAN, L. (1977). *Progress and its problem: toward a theory of scientific growth*. Berkeley: University of California Press
- PIAGET, J. (1979). *Clasificación de las ciencias y principales corrientes de la epistemología contemporánea*. Buenos Aires: Paidós.
- PIAGET, J., & García, R. (1982). *Psicogenesis e historia de la ciencia*. Mexico: Siglo XXI.
- OVERTON, W. F. (1994). Contexts of meaning: The computational and the embodied mind. In W. F. Overton & D. S. Palermo (Eds.), *The nature and ontogenesis of meaning* (pp. 1–18). New Jersey: Lawrence Erlbaum Assoc.
- YOUNISS, J., & DAMON, W. (1992). Social construction in Piaget's Theory. In H. Beilin & P. Putfall (Eds.), *Piaget's Theory: Prospects and possibilities* (pp. 267–285). Hillsdale: Erlbaum.

El carácter relativo de las medidas de correlaciones cuánticas

*Guido Bellomo**

I. Introducción

No resulta para nada novedoso advertir que el tratamiento cuántico de los sistemas físicos es fundamentalmente distinto al que hace la física clásica. La física clásica suscribe a una ontología de objetos y propiedades bien definidos, categorías con las que la mecánica cuántica optó por romper en pos del desarrollo de un formalismo inmensamente predictivo y exitoso. Pero el quiebre supuso un sinfín de interrogantes conceptuales e interpretativos para la teoría, pobremente paliados por el mencionado poder predictivo. Un aspecto especialmente vinculado a las interrogantes abiertas es el de las correlaciones cuánticas.¹

Una de las características peculiares de la mecánica cuántica, a la que Schrödinger se refería como “no una sino la característica distintiva de la mecánica cuántica” (Schrödinger, 1935), es la de admitir estados con correlaciones de tipo *entrelazamiento*. Otra de las peculiaridades de la cuántica es la *contextualidad*, que necesita de la existencia de observables incompatibles y, por ende, del vínculo entre *medición* y *perturbación*. La idea de mediciones que perturban al sistema da lugar al denominado (en el ámbito de la información cuántica) *discord* (Ollivier y Zurek, 2001; Henderson y Vedral, 2001). Entrelazamiento y discord dan cuenta de diferentes tipos de correlaciones y dependen de la identificación de sistemas o conjuntos de propiedades de los sistemas; propiamente, aquellos cuyas correlaciones nos interesan estudiar. Pero la descomposición de un sistema en subsistemas no es única, y las medidas de entrelazamiento y discord, como veremos, son entonces relativas a la descomposición elegida.

Un camino adecuado para dar esta discusión es el del tratamiento algebraico de la mecánica cuántica (ver, por ej., Bratelli y Robinson, 2012; Rédei, 2013). Este supone que el álgebra del sistema total se define por medio de los observables de interés, y puede descomponerse en (sub)álgebras de subsistemas de menor dimensionalidad. Pero, como mencionamos antes, no existe en general una única manera de elegir la descomposición del álgebra del sistema, y en consecuencia las correlaciones cuánticas son relativas a la especificación de las subálgebras de observables asociados a ellos: un sistema puede estar en un estado entrelazado respecto a una dada descomposición y separable respecto a otra descomposición diferente.

Las cuestiones que se suscitan al relativizar las nociones de entrelazamiento y discord son casi inmediatas: dado un sistema físico, ¿existe algún criterio para privilegiar alguna de las descomposiciones en subsistemas? Si se pretende singularizar la frontera entre lo clásico y lo cuántico apelando a los conceptos de entrelazamiento y/o discord, ¿se pone acaso en riesgo el

* Universidad Nacional de La Plata, CONICET

estatus de tal división por el carácter relativo de las medidas respecto de la descomposición en subsistemas? Estas preguntas son las que guiarán nuestra discusión a lo largo del presente trabajo.

En la sección II brindamos una introducción muy breve y concisa del tratamiento algebraico de la cuántica, que nos permitirá precisar los conceptos tratados con posterioridad. La sección III contiene nuestra argumentación principal, donde mostramos la necesidad de relativizar las correlaciones con respecto a las propiedades relevantes de un cierto sistema; y discutimos algunas de las consecuencias de dicha relativización. Por último, en la sección IV, damos las conclusiones de este trabajo.

II. Formalismo cuántico: tratamiento algebraico

Observables, estados y sistemas compuestos.— En mecánica cuántica ordinaria (no relativista) se acepta que el estado de un dado sistema arbitrario está bien descrito por un operador densidad $\rho: \mathcal{H} \rightarrow \mathcal{H}$, que es un operador acotado, semidefinido positivo ($\rho \geq 0$) de clase traza y traza unidad ($\text{Tr}\rho = 1$). \mathcal{H} es el espacio de Hilbert (complejo y separable²) asociado al sistema. En este contexto, los observables se asocian a operadores hermíticos en el correspondiente Hilbert: $O: \mathcal{H} \rightarrow \mathcal{H}$ con $O^\dagger = O$. Las cantidades medibles de un sistema son los valores de expectación de un dado observable, que dependen del estado del sistema y del observable de acuerdo a la ley de Born: $\langle O \rangle_\rho = \text{Tr}(\rho O)$, donde $\langle O \rangle_\rho$ denota el valor de expectación del observable O para el estado ρ .

Para nuestro propósito, el enfoque anterior no es del todo satisfactorio. En su lugar, adoptaremos un formalismo que privilegia a los observables por sobre los estados, definiendo los segundos a partir de la estructura algebraica que prescriben los primeros. En nuestro caso, partimos de $\mathcal{B}(\mathcal{H})$, el álgebra definida por todos los operadores acotados actuando sobre \mathcal{H} . Los observables $O \in \mathcal{O} \subset \mathcal{B}(\mathcal{H})$ son los operadores hermíticos acotados actuando sobre \mathcal{H} . Un estado ω en $\mathcal{B}(\mathcal{H})$ es una funcional lineal positiva $\omega: \mathcal{B}(\mathcal{H}) \rightarrow \mathbb{C}$ y normada ($\omega(\mathbb{1}) = 1$). Un estado ω se dice normal si y sólo si existe un operador normado de clase traza ρ tal que $\omega(O) = \text{Tr}(\rho O)$ es el valor de expectación para todo $O \in \mathcal{O}$, recuperando la ley de Born. En particular, un estado ω es *puro* si no puede ser expresado como combinación (no-trivial) convexa de estados, i.e. que no existen dos estados ψ y ϕ distintos en $\mathcal{B}(\mathcal{H})$ tales que $\omega = a\psi + b\phi$, con $a, b \in [0,1]$ y $a + b = 1$.

Un operador $E \in \mathcal{B}(\mathcal{H})$ define una *proyección* si es autoadjunto e idempotente ($E^2 = E$). Las proyecciones las asociamos a preguntas del tipo ‘Sí-No’ acerca del estado del sistema, siendo $\omega(E) = \text{Tr}(\rho E) \equiv \text{Pr}_\omega(E)$ la probabilidad de obtener ‘Sí’ al medir E sobre el estado ω . El espacio de las proyecciones del álgebra $\mathcal{B}(\mathcal{H})$ posee una estructura de retículo no-abeliano³ y ortocomplementado (no vale la propiedad distributiva). Un estado normal en $\mathcal{B}(\mathcal{H})$ induce una medida de probabilidad (numerablemente aditiva) en el espacio de proyecciones. A su vez, el teorema de Gleason asegura que la medida μ debe adecuarse a la ley de Born.

Nos interesará estudiar sistemas compuestos. Por simplicidad, consideremos sistemas de dos partes (la generalización para sistemas de más partes es directa). El enfoque algebraico nos permite acceder a los estados de tales sistemas compuestos de dos maneras (Earman 2014, §3):

- a) Definiendo el álgebra $\mathcal{B}(\mathcal{H})$ del sistema total, y tomando sus subálgebras $\mathcal{B}(\mathcal{H}_1)$ y $\mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$ como propias de los subsistemas.
- b) Partiendo de las álgebras $\mathcal{B}(\mathcal{H}_1)$ y $\mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$ de los subsistemas, y considerando que el álgebra del sistema será $\mathcal{B}(\mathcal{H}_1) \vee \mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$: la menor álgebra generada por ambos.

En los casos en que la dimensión de \mathcal{H} es finita, el operador densidad posee una representación matricial. De aquí que convencionalmente se utilizan los términos operador densidad (o de estado) y matriz densidad de manera indistinta. De aquí en adelante, adoptaremos el enfoque (b). Además, consideraremos que las álgebras de los subsistemas son mutuamente conmutativas, con lo cual vale: $\mathcal{B}(\mathcal{H}_1) \vee \mathcal{B}(\mathcal{H}_2) = \mathcal{B}(\mathcal{H}_1) \otimes \mathcal{B}(\mathcal{H}_2) = \mathcal{B}(\mathcal{H}_1 \otimes \mathcal{H}_2)$.

Veamos cómo es posible introducir las nociones de entrelazamiento y discord en el marco del tratamiento algebraico.

Entrelazamiento.— Para definir entrelazamiento debemos primero entender a qué llamaremos *estados producto*. Antes, notemos que dadas dos álgebras de operadores, $\mathcal{B}(\mathcal{H}_1)$ y $\mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$, que actúan sobre un mismo espacio de Hilbert, decimos que conmutan (son mutuamente conmutativas) cuando la extensiones triviales de los operadores locales al espacio total son mutuamente conmutativas. Es decir, para $\mathcal{H} = \mathcal{H}_1 \otimes \mathcal{H}_2$ vale $[O_1 \otimes \mathbb{1}_{\mathcal{H}_2}, \mathbb{1}_{\mathcal{H}_1} \otimes O_2] = 0$ para todos $O_1 \in \mathcal{B}(\mathcal{H}_1)$ y $O_2 \in \mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$.

Definición 1. Sean $\mathcal{B}(\mathcal{H}_1)$ y $\mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$ dos álgebras que conmutan sobre un mismo \mathcal{H} . Un estado $\omega \in \mathcal{B}(\mathcal{H}_1) \otimes \mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$ es un *estado producto con respecto a* $\mathcal{B}(\mathcal{H}_1)$ y $\mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$ sii $\omega(AB) = \omega(BA) = \omega(A)\omega(B)$ para todo $A \in \mathcal{B}(\mathcal{H}_1)$ y $B \in \mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$.

La definición 1 puede interpretarse desde la perspectiva probabilística si elegimos A y B como proyectores, en cuyo caso $\omega(A) = \Pr_\omega(A)$ ($\omega(B) = \Pr_\omega(B)$) es la probabilidad de obtener ‘Sí’ al medir A (resp. B). Como $\mathcal{B}(\mathcal{H}_1)$ y $\mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$ son generados por sus proyectores, un estado $\omega \in \mathcal{B}(\mathcal{H}_1) \otimes \mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$ es un estado producto respecto a $\mathcal{B}(\mathcal{H}_1)$ y $\mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$ si y sólo si $\Pr_\omega(AB) = \Pr_\omega(A)\Pr_\omega(B)$. Así establecemos la primera conexión entre estados producto y correlaciones.

Una observación importante es que si $\mathcal{B}(\mathcal{H}_1)$ y $\mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$ son álgebras abelianas (i.e. clásicas) entonces todos los estados puros en $\mathcal{B}(\mathcal{H}_1) \otimes \mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$ son también estados producto. Para subsistemas no-abelianos, en cambio, existen estados puros que son al mismo tiempo estados no-producto. Pero ésta no es la distinción más relevante entre la mecánica clásica y la cuántica. La siguiente definición captura la versión más invocada de entrelazamiento:

Definición 2. Sean $\mathcal{B}(\mathcal{H}_1)$ y $\mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$ dos álgebras que conmutan sobre un mismo \mathcal{H} . Un estado $\omega \in \mathcal{B}(\mathcal{H}_1) \otimes \mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$ es *separable respecto de* $\mathcal{B}(\mathcal{H}_1)$ y $\mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$ sii puede aproximarse como combinación lineal convexa de estados producto respecto de $\mathcal{B}(\mathcal{H}_1)$ y $\mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$. Un estado ω es *entrelazado con respecto a* $\mathcal{B}(\mathcal{H}_1)$ y $\mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$ sii no es separable.

De las definiciones anteriores, se deduce que todo estado producto es un estado separable, y que la inclusión recíproca no vale. Por lo tanto, ambas propiedades definen una jerarquía estricta. Esta noción de entrelazamiento nos permite establecer una distinción significativa entre los sistemas clásicos y los sistemas cuánticos: sólo la mecánica cuántica admite estados puros entrelazados. La distinción es aún más evidente en el enunciado del siguiente teorema (Raggio, 1988):

Teorema 1. Sean $\mathcal{B}(\mathcal{H}_1)$ y $\mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$ dos álgebras que conmutan sobre un mismo \mathcal{H} . Las siguientes dos condiciones son equivalentes:

- Al menos una de las álgebras $\mathcal{B}(\mathcal{H}_1)$ y $\mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$ es no-abeliana.
- Ningún estado en $\mathcal{B}(\mathcal{H}_1) \otimes \mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$ es entrelazado con respecto a $\mathcal{B}(\mathcal{H}_1)$ y $\mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$.

En resumen, sólo es posible obtener estados entrelazados si alguna de las álgebras de los subsistemas es no-abeliana. Existen nociones de entrelazamiento más fuertes que la capturada por la definición 2. Las mismas se basan en la admisión (o no) de modelos de variables ocultas o en la violación de las desigualdades de Bell (Earman 2014, §5). Sin embargo, la definición dada nos será suficiente para la discusión que queremos dar.

Discord.— Hasta aquí hablamos de las álgebras de los subsistemas y de la estructura de los estados que pueden definirse a partir de ellas. Pero, ¿qué podemos decir acerca de la posibilidad de medir un sistema sin perturbarlo? ¿Existe alguna relación entre el entrelazamiento y la incompatibilidad de ciertas medidas? Las nociones de clasicidad que surgen de esta pregunta fueron desarrolladas en la literatura mucho después que las de entrelazamiento (Ollivier y Zurek, 2001; Luo, 2008). La idea subyacente se puede resumir en la siguiente

Definición 3. Sean $\{E_1^i\} \in \mathcal{H}_1$ y $\{E_2^j\} \in \mathcal{H}_2$ dos mediciones proyectivas completas en cada espacio. Un estado $\omega \in \mathcal{B}(\mathcal{H}_1) \otimes \mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$ es *no-discordante con respecto a* $\mathcal{B}(\mathcal{H}_1)$ y $\mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$ sii permanece invariante ante la medición completa proyectiva dada por $\{E_1^i \otimes E_2^j\}$. Equivalentemente, si ρ es el operador de estado, el estado es no-discordante sii
$$\rho = \sum_{ij} (E_1^i \otimes E_2^j) \rho (E_1^i \otimes E_2^j).$$

Además, se puede mostrar que un estado en $\mathcal{B}(\mathcal{H}_1) \otimes \mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$ es no-discordante si y sólo si $\rho = \sum_{ij} p_{ij} E_1^i \otimes E_2^j$ para alguna distribución de probabilidades $\{p_{ij}\}$ (Luo, 2008). La

relación entre separabilidad y discord es aún más evidente en el siguiente (Li y Luo, 2008) teorema:

Teorema 2. Sean $\mathcal{B}(\mathcal{H}_1)$ y $\mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$ dos álgebras que conmutan sobre un mismo \mathcal{H} . Un estado $\omega \in \mathcal{B}(\mathcal{H}_1) \otimes \mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$ es separable si existe un estado clásico $\sigma \in \mathcal{B}(\mathcal{K}_1 \otimes \mathcal{H}_1) \otimes \mathcal{B}(\mathcal{K}_2 \otimes \mathcal{H}_2)$ tal que $\rho_\omega = \text{Tr}_{\mathcal{K}_1, \mathcal{K}_2}(\rho_\sigma)$. \mathcal{K}_1 y \mathcal{K}_2 son espacios de Hilbert auxiliares.

Por lo tanto, la jerarquía que las correlaciones definen sobre los estados es:

Entrelazado (Def. 2) \Rightarrow *No-discordante* (Def. 3) \Rightarrow *No-producto* (Def. 1).

Earman propone reemplazar la noción de clasicidad de la definición 3 por la siguiente (Earman 2014, §7):

Definición 4. Sea $\mathcal{B}(\mathcal{H})$ con \mathcal{H} separable. Luego, las siguientes condiciones de clasicidad son equivalentes:

- $\mathcal{B}(\mathcal{H})$ es abeliana.
- $\mathcal{B}(\mathcal{H})$ admite interrogación sin perturbación, es decir que para cualquier estado ω y cualquier proyección E , ω es invariante ante una medición no-selectiva: $\tilde{\omega} = \omega$, donde $\tilde{\omega}(\cdot) = \omega(E \cdot E) + \omega((\mathbb{I} - E) \cdot (\mathbb{I} - E))$ es el nuevo estado inducido por la medición.

La definición anterior nos permite resumir la relación entre clasicidad y entrelazamiento en el siguiente esquema:

$$\begin{array}{c}
 \mathcal{B}(\mathcal{H}_1) \text{ y } \mathcal{B}(\mathcal{H}_2) \text{ No-abelianas} \\
 \Downarrow \\
 \text{Ninguno de los subsistemas admite interrogación sin perturbación} \\
 \Downarrow \\
 \mathcal{B}(\mathcal{H}_1) \otimes \mathcal{B}(\mathcal{H}_2) \text{ admite estados entrelazados}
 \end{array}$$

III. El carácter relativo

Descomposiciones alternativas.— Esperamos haber motivado, en las secciones anteriores, la preferencia por el tratamiento algebraico para el estudio de las correlaciones cuánticas. Si aceptamos que el estado está correctamente definido por su acción sobre el espacio de observables, es inevitable afirmar que entrelazamiento y no-clasicidad son conceptos relativos a la estructura del álgebra que los observables inducen. Es decir que, una vez que hemos definido el conjunto de *observables relevantes* para los subsistemas (y sus álgebras asociadas), hemos determinado el “tablero” sobre el cual construir el sistema: de algún modo, son los observables elegidos los que inducen la estructura de nuestro tablero.

Este aspecto no es patrimonio exclusivo de la descripción cuántica. Estamos habituados a tener descripciones alternativas, en términos de diferentes conjuntos de propiedades, en la física clásica. Por ejemplo, para dos partículas puntuales que se mueven en una dimensión

podemos elegir una descripción en término de las posiciones de cada una de ellas, x_A y x_B , y de los momentos lineales respectivos, los cuales definen un espacio de fases 4-dimensional. Alternativamente, podemos optar por trabajar en el espacio de fases definido por la posición del centro de masa, y la posición relativa, con sus momentos respectivos. Ambas descripciones son completas e igualmente válidas. Sin embargo, la primera la asociamos a los sistemas clásicos (usualmente macroscópicos) y sus propiedades, lo que le otorga una distinción interpretativa respecto de la segunda (o de cualquier otra alternativa). En la cuántica, debido a las correlaciones peculiares antes detalladas, no existe *a priori* una manera de seleccionar un conjunto privilegiado de observables frente a otro cuya descripción del sistema es igualmente completa.

¿Cuáles son los observables que definen el álgebra de un sistema cuántico? Las posibles respuestas afectan sensiblemente (y son afectadas por) las consideraciones físicas y filosóficas que podemos hacer acerca de las correlaciones. En general, si prefijamos el álgebra de nuestro sistema, se pueden hallar múltiples descomposiciones en subsistemas (subálgebras) que son compatibles. Analicemos el siguiente ejemplo presentado por Zanardi y col. (Zanardi y col., 2004). El sistema de interés es el de dos partículas de espín $\frac{1}{2}$. El álgebra sobre el cual se trabaja usualmente es $\mathcal{O} = \text{span}\{\mathbb{I}_4, \sigma_i \otimes \mathbb{I}_2, \mathbb{I}_2 \otimes \sigma_j\}$, con σ_i las matrices de Pauli, $i, j = x, y, z$, y \mathbb{I}_d es el operador identidad sobre \mathbb{C}^d . El álgebra \mathcal{A} induce una descomposición en subsistemas dada por las subálgebras $\mathcal{A} = \text{span}\{\mathbb{I}_4, \sigma_i \otimes \mathbb{I}_2\}$ y $\mathcal{B} = \text{span}\{\mathbb{I}_4, \mathbb{I}_2 \otimes \sigma_j\}$. Las correlaciones definidas en términos de estos subsistemas coinciden con las nociones usuales. Sin embargo, el mismo sistema puede describirse apelando al álgebra de observables $\mathcal{O}' = \text{span}\{\mathbb{I}_4, \sigma_x \otimes \sigma_x, \sigma_z \otimes \sigma_z, \sigma_x \otimes \sigma_y, \sigma_y \otimes \sigma_z\}$, que induce una descomposición en subsistemas distintos, representados por las subálgebras $\mathcal{A}' = \text{span}\{\mathbb{I}_4, \sigma_x \otimes \mathbb{I}_2, \sigma_y \otimes \sigma_z, \sigma_z \otimes \sigma_z\}$ y $\mathcal{B}' = \text{span}\{\mathbb{I}_4, \mathbb{I}_2 \otimes \sigma_z, \sigma_x \otimes \sigma_y, \sigma_x \otimes \sigma_x\}$. Lo interesante es que los estados máximamente entrelazados respecto de \mathcal{O} son estados producto (no correlacionados) respecto de \mathcal{O}' , y viceversa (Zanardi y col., 2004).

Identifiquemos dos casos extremos:

- Descomposición privilegiada: la estructura algebraica inducida por los observables privilegiados es única, entonces entrelazamiento y clasicidad se definen respecto de tal estructura. Sin embargo, debemos prescribir el modo de elegir tal descomposición ‘privilegiada’.
- Múltiples descomposiciones: ponemos en pie de igualdad la diversidad de descomposiciones posibles, pero entrelazamiento y clasicidad se vuelven nociones relativas a cada descomposición.

El primer camino es el pautado, por ejemplo, por Zanardi y col. (Zanardi, 2001; Zanardi, Lidar y Lloyd, 2004). Los autores argumentan que existe un conjunto de observables operacionalmente relevantes, \mathcal{A} , definido por los grados de libertad del sistema

que son experimentalmente accesibles y controlables. El álgebra \mathcal{A} induce una estructura de producto tensorial (EPT) sobre el espacio de estados, sobre el cual definen los posibles subsistemas y el entrelazamiento real. Cualquier otra álgebra \mathcal{A}' inducirá una EPT asociada a subsistemas virtuales, cuyo entrelazamiento no es igualmente real.

Harshman invierte el problema: es el entrelazamiento el que determina una descomposición preferida. El autor estudia el problema de dos cuerpos afirmando que “las subálgebras de observables físicamente significativas son aquellas que minimizan el entrelazamiento de estados típicos”. Sin embargo, destaca que es posible considerar varias subálgebras distintas, cuyo interés será mayor o menor de acuerdo a características operacionales y a las simetrías y la dinámica del sistema (Harshman, 2012).

La libertad en el espacio de observables, como dijimos, resulta en la ambigüedad de las nociones de entrelazamiento o discord. Por ejemplo, si partimos de cierto espacio de Hilbert finito \mathcal{H} se puede demostrar que siempre existen elecciones de observables que inducen EPTs tales que el entrelazamiento de un dado estado puro puede ajustarse a cualquier valor deseado (Harshman y Ranade, 2011).

Estas consideraciones justifican la necesidad de expresar la clasicidad/separabilidad de las correlaciones en un estado respecto de una dada descomposición del álgebra (ver las definiciones 2 y 3).

Partículas idénticas y correlaciones cuánticas.— El caso de las partículas idénticas es uno de los más controversiales en cuanto a la caracterización de sus correlaciones. Cuando se trata con sistemas de partículas idénticas los estados permitidos son aquellos totalmente simétricos o antisimétricos ante la operación de permutación. La (anti)simetrización del espacio de estados dificulta la identificación de subsistemas en el sentido usual (Viola y Barnum, 2007). En la literatura tradicional de la física suele optarse por aceptar esta dificultad y tan sólo definir medidas de correlaciones ad-hoc que permiten dar cuanta de algún aspecto cuántico del problema particular que se trata. Sin embargo, hay propuestas que se procuran resolver el conflicto. Por ejemplo, Barnum y col. muestran que al relativizar el concepto de entrelazamiento respecto del álgebra preferida (o relevante) se puede definir una noción más débil y general de entrelazamiento que es útil aún en el escenario de partículas idénticas (Barnum y col., 2004). En la misma línea, Benatti y col. por un lado (Benatti y col., 2010) y Balachandran y col. por el otro (Balachandran y col., 2013) mostraron que el formalismo algebraico, junto con una noción generalizada de entrelazamiento, es adecuada para los sistemas de partículas idénticas.

La definición de este *entrelazamiento generalizado* excede el contexto de las partículas idénticas, y puede pensarse como un marco unificador para pensar las correlaciones cuánticas en general. En otras palabras, la controversia que planteó en su momento la correcta caracterización de las correlaciones cuánticas en sistemas de partículas idénticas nos puede brindar, tal vez, el enfoque adecuado para analizar las correlaciones en cualquier escenario.

Monogamia y el carácter relativo.— A continuación, discutiremos cómo la relativización de las nociones de correlaciones cuánticas se vincula con la distinción entre clásico y cuántico en los sistemas físicos. El conflicto que vamos a plantear puede entenderse a partir de la denominada propiedad de monogamia de las correlaciones. Supongamos que $C_\omega(i, j) \geq 0$ es una medida (cuantificación) de cierto tipo de correlaciones bipartitas presentes en el estado ω , entre las partes i y j . La siguiente es una posible definición de monogamia:

Definición 5. Sean $\omega \in \mathcal{B}(\mathcal{H}_1) \otimes \mathcal{B}(\mathcal{H}_2)$ y C_ω una medida de correlaciones.

Sean $\mathcal{H}_A = \otimes_i \mathcal{H}_{A_i}$ y $\mathcal{H}_B = \otimes_j \mathcal{H}_{B_j}$ descomposiciones arbitrarias de \mathcal{H}_A y

\mathcal{H}_B . La medida C_ω es monógama si $C_\omega(A: B) \geq \sum_{ij} C(A_i, B_j)$.

En general, la Información y la Computación Cuánticas asumen que el entrelazamiento es un recurso y, por lo tanto, es un tipo de correlación cuyas capacidades de ser compartida debe estar limitada. Esto se traduce a la propiedad de monogamia (Terhal, 2004).

La monogamia tiene consecuencias directas sobre cómo el entrelazamiento emerge (o más bien, no lo hace) en mediciones de grano grueso. Supongamos el caso sencillo en que $\mathcal{H} = \mathcal{H}_A \otimes \mathcal{H}_B$, $\mathcal{H}_A = \mathcal{H}_{A_1} \otimes \mathcal{H}_{A_2}$ y \mathcal{H}_B lo consideramos no compuesto. Sean $\{E_A^i\}$, $\{E_{A_1}^i\}$, $\{E_{A_2}^i\}$ y $\{E_B^i\}$ mediciones proyectivas completas sobre cada una de las álgebras. La medición $M_{ij}^g := \{E_A^i \otimes E_B^j\}$ determina las correlaciones totales entre A y B , mientras que las mediciones $M_{ij}^{f1} := \{E_{A_1}^i \otimes E_B^j\}$ y $M_{ij}^{f2} := \{E_{A_2}^i \otimes E_B^j\}$ determinan las correlaciones entre A_1 - B y A_2 - B , respectivamente. La medición M^g puede pensarse como un grano grueso sobre las mediciones M^f , que son compatibles con la anterior en tanto respetan la partición A - B . Diremos que un estado $\omega \in \mathcal{B}(\mathcal{H})$ es f -entrelazado o g -entrelazado si es entrelazado con respecto a la descomposición correspondiente. Análogamente, hablaremos de estados f -discordantes o g -discordantes. Probemos la siguiente proposición:

Proposición 1. Sea $\omega \in \mathcal{B}(\mathcal{H})$, donde \mathcal{H} posee dos descomposiciones tales que pueden definirse una medición fina ($M^f = \{M^{fi}\}$) y otra gruesa (M^g) como recién. Entonces, si ω es g -separable vale también que ω es f_i -separable $\forall i$.

Para probarlo, basta aplicar la definición 5 a la monogamia del entrelazamiento. Si el estado es g -separable entonces $C_\omega(A: B) = 0 \geq C_\omega(A_1: B) + C_\omega(A_2: B)$. Usando la positividad de C_ω se deduce que $C_\omega(A_i: B)$ para $i = 1, 2$. Por lo tanto, ω es f_i -separable para $i = 1, 2$. La proposición se generaliza trivialmente para el caso en que $i = 1, 2, \dots, n$ con $n \in \mathbb{N}$ y B también es compuesto. Este resultado puede interpretarse como una limitación en la emergencia de entrelazamiento: una descomposición de las (sub)álgebras de las partes no puede revelar un entrelazamiento que no fuera captado por los observables globales en A y B . Recíprocamente, si ω es f_i -entrelazado para algún ω es i entonces ω es g -entrelazado.

De algún modo, si tomamos el entrelazamiento como indicador de no-clasicidad, la proposición nos dice que si alguna de las mediciones finas observa no-clasicidad es porque tal no-clasicidad está presente en la partición $A-B$ —y puede detectarse con observables gruesos en M^g . En resumen, la proposición anterior nos dice que si las (sub)álgebras que consideramos no son cualesquiera, sino que respetan siempre la misma bipartición, entonces las posibilidades de ajustar el entrelazamiento ‘a gusto’ desaparecen.

La interpretación del entrelazamiento como recurso, que supone cierta objetivación del entrelazamiento, se ve beneficiada por la proposición 1. Esta objetivación del entrelazamiento no representa un problema en el enfoque de la descomposición privilegiada si incorporamos el requerimiento de ser monógamo. Pero ¿qué tanto puede objetivarse la noción en caso de aceptarse en pie de igualdad la multiplicidad de descomposiciones? Independientemente de la perspectiva que se adopte frente a este dilema, las dificultades se vuelven ineludibles al analizar el caso del discord.

El discord, como medida de no-clasicidad de correlaciones, presenta novedades que van más allá de las que plantea el entrelazamiento por la multiplicidad de descomposiciones del álgebra. Streltsov y col. demostraron que cualquier medida de correlaciones estrictamente monógama debe anularse para estados separables (Streltsov y col., 2012). Por lo tanto, sólo el entrelazamiento puede inducir medidas monógamas. Es fácil hallar ejemplos donde el discord es ‘polígamo’ (ver, por ej., Giorgi, 2011; Prabhu y col., 2012).

Estos casos muestran que la proposición 1 no es válida si se reemplaza ‘separable’ por ‘clásico’: ω g -clásico $\not\Rightarrow \omega$ f_i -clásico $\forall i$. De hecho, se pueden construir estados clásicamente correlacionados en $A-B$, pero cuánticamente correlacionados en alguna de las mediciones finas A_i-B (Bellomo y col., 2014). En general, si ω es g -clásico vale que $\rho_\omega = \sum_{ij} p_{ij} E_A^i \otimes E_B^j$, y si consideramos $\mathcal{H}_A = \mathcal{H}_{A_1} \otimes \mathcal{H}_{A_2}$ como antes, tenemos $\text{Tr}_{A_2}(\rho_\omega) = \sum_{ij} p_{ij} \rho_A^i \otimes E_B^j$ con $\rho_A^i = \text{Tr}_{A_2}(E_A^i)$. Si, por ejemplo, todos los ρ_A^i conmutan, entonces poseen una base común de autoproyectores y la bipartición A_1-B también es clásica. Parece inevitable incurrir en el carácter relativo de las correlaciones tipo discord, al comparar dos particiones compatibles de un mismo álgebra.

En resumen, el discord trae nuevas interrogantes. Una vez aceptada la relativización del concepto de correlación (y esto no puede evitarse si queremos una noción general que funcione incluso en el escenario de partículas idénticas) las medidas de entrelazamiento/discord no son absolutas, y podemos hallar sistemas cuyos estados físicos son entrelazados (discordantes) respecto de cierta descomposición y no-entrelazados (no-discordantes) respecto de una descomposición distinta. En este sentido, carece de sentido hablar de “estados clásicos” dentro de la física cuántica (aquellos que no poseen entrelazamiento y/o discord). En el mejor de los casos, podemos hablar de estados “aparentemente cuánticos” (de apariencia cuántica) respecto de cierta álgebra de observables. Esta importante distinción está en consonancia con los trabajos de Lombardi y col., donde

hablan de la decoherencia como fenómeno relativo (Castagnino y col., 2008; Lombardi y col., 2011).

Finalmente, como señalamos, el panorama para el discord no es, sin embargo, exactamente el mismo que el del entrelazamiento. Mientras que el entrelazamiento de un determinado estado puede “ajustarse” jugando con las posibles descomposiciones, fijar una partición y jugar con las descomposiciones compatibles con tal partición limita significativamente esa posibilidad. El discord, en cambio, puede cambiar sustancialmente aún cuando se permiten sólo descomposiciones compatibles con una partición fija (Autor y col., 2014).

El debate Realismo vs. Pragmatismo.— Una forma de entender las consecuencias filosóficas del carácter relativo de las correlaciones cuánticas es, como plantea Earman, en un debate entre Realismo y Pragmatismo. En cuanto a la relatividad de las correlaciones con respecto a la descomposición del álgebra discutimos al menos dos posiciones posibles: o bien aceptamos la multiplicidad de descomposiciones y la relatividad que esto implica, o bien afirmamos que existe una descomposición privilegiada que provee las correlaciones “reales”. En el segundo caso, se suelen mezclar consideraciones pragmatistas (accesibilidad experimental) y realistas (simetrías fundamentales, subsistemas reales vs. subsistemas virtuales). Los distintos bandos no están, de todos modos, para nada demarcados. Apelar a la accesibilidad experimental, por ejemplo, no es en general suficiente para seleccionar un único conjunto de observables relevantes que definan la descomposición privilegiada.

Desde la perspectiva informacional y computacional, la cual se vale de las correlaciones no-clásicas como recurso, pareciera que, de darse las condiciones operacionales y experimentales necesarias, considerar la multiplicidad de descomposiciones es la opción más sensata. Pero ello no limita la interpretación metafísica u ontológica que podemos hacer del carácter relativo de las correlaciones.

La monogamia/no-monogamia de las correlaciones no pareciera afectar radicalmente la interpretación que hagamos del entrelazamiento, pero sí la del discord. El discord es más sensible a la relativización propuesta, en tanto que la consideración de múltiples descomposiciones de las que llamamos compatibles puede dar lugar a cambios significativos en el discord de un mismo estado.

Conclusiones

A lo largo de este trabajo, revisamos las nociones de entrelazamiento y discord desde una perspectiva algebraica, desde la cual motivamos la necesidad de relativizar los conceptos: un sistema físico no se halla en un estado entrelazado, sino que se halla en un estado entrelazado con respecto a cierto conjunto de observables relevantes (o a cierta descomposición del sistema en subsistemas, o a cierta álgebra de observables). Lo mismo vale para el discord.

Desde esta nueva perspectiva, en que estas correlaciones cuánticas son propiedades relacionales de los sistemas físicos, muchos aspectos del borde clásico-cuántico deben ser replanteados. Por ejemplo, las consecuencias de la no-monogamia del discord en comparación con el entrelazamiento deben estudiarse con mayor cuidado.

La relativización de las nociones adquiere aún más poder al notar que es el camino adecuado para describir unificadamente las correlaciones en los escenarios de partículas idénticas y de partículas distinguibles.

Notas

1. Cuando hablamos de correlaciones, hablamos de una relación sistemática entre dos variables estadísticas o probabilísticas. Es importante notar que *correlación* no implica *causación*: una mera relación estadística no indica una relación causal necesaria entre las variables observadas. Pero, en el sentido inverso, sí es esperable que la interacción física de dos sistemas pueda ponerse en evidencia mediante correlaciones de variables oportunamente seleccionadas.
2. Un espacio de Hilbert es separable si y sólo si admite una base ortonormal numerable.
3. Un álgebra es abeliana (respecto de cierta operación o ley de composición) si los elementos de aquella tienen la propiedad conmutativa.

Bibliografía

- BELLOMO, G.; MAJTEY, A.P.; PLASTINO, A.R.; PLASTINO, A. (2014). Quantum correlations from classically correlated states. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 405, 260-266.
- BALACHANDRAN, A. P.; GOVINDARAJAN, T. R.; DE QUEIROZ, A. R.; REYES-LEGA, A. F. (2013). Entanglement and Particle Identity: A Unifying Approach. *Physical Review Letters*, 110 (8), 080503.
- BARNUM, H.; KNILL, E.; ORTIZ, G.; SOMMA, R.; VIOLA, L. (2004). A subsystem-independent generalization of entanglement. *Physical Review Letters*, 92 (10), 107902.
- BENATTI, F.; Floreanini, R; MARZOLINO, U. (2010). Sub-shot-noise quantum metrology with entangled identical particles. *Annals of Physics*, 325 (4), 924-935.
- BRATTELI, O.; ROBINSON, D. W. (2012). *Operator Algebras and Quantum Statistical Mechanics. Vol. 1: C*-and W*-Algebras. Symmetry Groups. Decomposition of States*. Berlin: Springer Science & Business Media.
- CASTAGNINO, M.; FORTIN, S.; LAURA, R.; LOMBARDI, O. (2008). A general theoretical framework for decoherence in open and closed systems. *Classical and Quantum Gravity*, 25 (15), 154002.
- EARMAN, J. (2014). Some Puzzles and Unresolved Issues About Quantum Entanglement. *Erkenntnis*, 1-35.
- GIORGI, G. L. (2011). Monogamy properties of quantum and classical correlations. *Physical Review A*, 84 (5), 054301.
- HARSHMAN, N. L. (2012). Observables and entanglement in the two-body system. *AIP*

- Conf. Proc.*, 1508 (386).
- HARSHMAN, N. L.; Ranade, K. S. (2011). Observables can be tailored to change the entanglement of any pure state. *Physical Review A*, 84 (1), 012303.
- HARSHMAN, N. L.; Wickramasekara, S. (2007a). Galilean and dynamical invariance of entanglement in particle scattering. *Physical Review Letters*, 98 (8), 080406.
- (2007b). Tensor product structures, entanglement, and particle scattering. *Open Systems & Information Dynamics*, 14 (03), 341-351.
- HENDERSON, L.; Vedral, V. (2001). Classical, quantum and total correlations. *Journal of Physics A: Mathematical and General*, 34 (35), 6899.
- LOMBARDI, O.; Ardenghi, J. S.; Fortin, S.; Narvaja, M. (2011). Foundations of quantum mechanics: decoherence and interpretation. *International Journal of Modern Physics D*, 20 (05), 861-875.
- LI, N.; LUO, S. (2008). Classical states versus separable states. *Physical Review A*, 78 (2), 024303.
- LUO, S. (2008). Using measurement-induced disturbance to characterize correlations as classical or quantum. *Physical Review A*, 77 (2), 022301.
- OLLIVIER, H.; ZUREK, W. H. (2001). Quantum discord: a measure of the quantumness of correlations. *Physical Review Letters*, 88 (1), 017901.
- PRABHU, R. y COL. (2012). Conditions for monogamy of quantum correlations: Greenberger-Horne-Zeilinger versus \mathbb{W} states. *Physical Review A*, 85 (4), 040102.
- RAGGIO, G. A. (1988). A remark on Bell's inequality and decomposable normal states. *Letters in Mathematical Physics*, 15 (1), 27-29.
- RÉDEI, M. (2013). *Quantum logic in algebraic approach. Vol. 91*. Berlin: Springer Science & Business Media.
- SCHRÖDINGER, E. (1935). Discussion of probability relations between separated systems. *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, 31 (04), 555-563.
- STRELTSOV, A. y COL. (2012). Are general quantum correlations monogamous? *Physical Review Letters*, 109 (5), 050503.
- TERHAL, B. M. (2004). Is entanglement monogamous? *IBM Journal of Research and Development*, 48 (1), 71-78.
- VIOLA, L.; BARNUM, H. (2007). Entanglement and Subsystems, Entanglement beyond Subsystems, and All That. En Bokulich y Jaeger (Eds.), *Philosophy of Quantum Information and Entanglement*. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- ZANARDI, P. (2001). Virtual quantum subsystems. *Physical Review Letters*, 87 (7), 077901.
- ZANARDI, P.; LIDAR, D. A.; LLOYD, S. (2004). Quantum tensor product structures are observable induced. *Physical Review Letters*, 92 (6), 060402.

Estándar e individuación técnica en el medio digital

*Agustín Berti**

Concretización como individuación técnica

La definición de *artefacto* es un tema central para el desarrollo de una filosofía de la técnica. Éstos pueden conceptualizarse a partir de sus *affordances*, de sus linajes, de la posición que ocupan en las redes técnicas o de su imbricación con el medio asociado, entre otros modos de procurar una identificación de rasgos perdurables con vistas a la producción de definiciones más precisas. Una aproximación sumamente rica es la que propone Simondon en *El modo de existencia de los objetos técnicos*. De este libro me interesa destacar la noción de *concretización* en tanto permite dar cuenta de cómo los objetos técnicos se constituyen y evolucionan en el tiempo. Con este concepto, a la dimensión sincrónica que atiende a la complejidad de los objetos técnicos existentes mediante su clasificación en niveles (elemento, individuo, conjunto) se le agrega una temporalidad inscrita en la propia existencia a partir de una tendencia a la concretización inscrita en la propia dinámica de la técnica. Pablo Rodríguez resume el concepto del siguiente modo:

La individuación de los objetos técnicos se llama “proceso de concretización”, y se puede hablar de proceso porque de hecho es un hacer humano repetible, representable y analizable a través de sus productos. Concretizar es, como individuar, resolver una tensión existencial, que en el caso de lo técnico es una dificultad de funcionamiento. Concretizar es tender un puente entre la evidente actividad artificializadora del hombre y lo natural. El objeto o sistema técnico concreto, esto es, resultante de un proceso de concretización, adquiere una autonomía que le permite regular su sistema de causas y efectos y operar una relación exitosa con el mundo natural. Lo artificial es aquello que, una vez creado y objetivado por el hombre, todavía requiere de su mano para corregir o proteger su existencia (Rodríguez 2008, 12)

Pero cabe señalar que la definición de concretización de Simondon, implica además una inscripción en un modo de producción técnica específico, el de la *industria*. La concretización opera al nivel de los individuos técnicos, mediante una creciente interdependencia y sobredeterminación de los elementos que los componen. Simondon por ello plantea la existencia de una diferencia fundamental entre los objetos de factura artesanal y los industriales:

El carácter de un objeto *a medida* que encontramos en el producto del trabajo del artesano es inesencial; resulta de ese otro carácter, esencial, del objeto técnico abstracto, que es el de estar fundado sobre una organización analítica que deja siempre vía libre a nuevos posibles; esos posibles son la manifestación exterior de una contingencia interior. En el enfrentamiento entre

* Universidad Nacional de Córdoba

la coherencia del trabajo técnico y la coherencia del sistema de necesidades de la utilización, la mejor parte se la lleva la coherencia de la utilización, porque el objeto técnico a medida es, de hecho, un objeto sin medida intrínseca; sus normas provienen del exterior: todavía no ha realizado su coherencia interna; no es un sistema de lo necesario; corresponde a un sistema abierto de exigencias.

Por el contrario, en el nivel industrial, el objeto ha adquirido su coherencia, y el sistema de necesidades es menos coherente que el sistema del objeto; las necesidades se moldean sobre el objeto técnico industrial, que adquiere de este modo el poder de modelar una civilización. La utilización se convierte en un conjunto tallado sobre las medidas del objeto técnico. (Simondon 2008, 46)

A que se refiere Simondon como “coherente” puede ser un aspecto abierto a discusión que excede el presente trabajo, sin embargo, me interesa destacar que introduce la idea de una necesidad interna y, lo que es más novedoso, no utilitaria que determina la evolución de los objetos técnicos. En este trabajo propongo que una parte constitutiva de ese proceso se debe al estándar, una de las posibles condiciones de la coherencia en el sistema de cada objeto. Por otra parte, cabe señalar que en el pensamiento simondoniano, a la inversa del lenguaje coloquial, los usos particulares son los abstractos, en tanto que lo concreto se refiere a lo específicamente técnico, sustraído de las contingencias y coyunturas del uso particular. En este punto, la concretización implica lo industrial ya que a diferencia de los objetos artesanales, se trata de “un objeto de medida intrínseca”. Esto implica que los usos se deben adoptar a esas medidas intrínsecas y no a la inversa. Asimismo, otro rasgo distintivo de los objetos técnicos industriales es la diferencia constitutiva en su relación con el mundo, que demanda la existencia de un *medio asociado* para poder definirlos con mayor precisión:

Se puede afirmar entonces que la individualización de los seres técnicos es la condición del progreso técnico. Esta individualización es posible por la recurrencia de la causalidad en un medio que el ser técnico crea alrededor de sí mismo y que lo condiciona tanto como se ve condicionado por él. Este medio, a la vez técnico y natural, se puede denominar medio asociado. Es aquello a través de lo cual el ser técnico se condiciona a sí mismo en su funcionamiento. No está fabricado, o al menos no está fabricado en su totalidad; *es un cierto régimen de los elementos naturales que rodean al ser técnico, ligado a un cierto régimen de elementos que constituyen al ser técnico. El medio asociado es mediador de la relación entre los elementos técnicos fabricados y los elementos naturales en el seno de los cuales funciona el ser técnico.* (Simondon 2008, 77. El énfasis es mío.)

Medio asociado y medio técnico asociado

Ahora bien, como lo señala Bernard Stiegler, el medio asociado es cada vez más un medio enteramente técnico, tan diseñado como el mismo objeto. Una discusión en curso es la creciente estandarización al interior del medio asociado que deja de ser dado y deviene tan artificial como

el objeto técnico que funciona en él. Mi hipótesis provisional es que en la estandarización *en* el medio técnico se determinan los modos de existencia y de individuación de los objetos técnicos contemporáneos de un periodo de carácter hiperindustrial (y no postindustrial, como podría pensarse un periodo caracterizado por una creciente invisibilización del trabajo fabril).

El proceso de adaptación supone una creciente complejización e imbricación de los objetos y medios por lo cual la tarea de la técnica no se limita a la creación de los primeros, sino también de los segundos. De este modo, el *medio asociado natural* (o “geográfico”, como prefiere Simondon) ha cedido terreno ante un medio crecientemente artificial y, como señalé antes, para la mayoría de objetos técnicos contemporáneos el medio asociado es un medio tan técnico como el propio objeto. Así, saltan a la vista las diferencias fundamentales entre la tecnicidad de un barco de vapor y la de un tren que requiere de vías, así como la de aquellos objetos que funcionan en ambientes controlados, como la maquinaria de una planta industrial. A propósito de la interacción entre los objetos técnicos y su medio asociado para determinar su grado de evolución Simondon identifica las siguientes diferencias:

El motor a tracción arroja en la línea que lo alimenta una reacción que traduce esta estructura geográfica y meteorológica del mundo: la intensidad absorbida aumenta y la tensión en la línea baja cuando la nieve se hace espesa, cuando la pendiente se hace mayor, cuando el viento lateral empuja las pestañas de las ruedas contra los rieles y aumenta el rozamiento. A través de los motores a tracción, ambos mundos actúan el uno sobre el otro. Por el contrario, un motor trifásico de fábrica no establece de la misma manera una relación de causalidad recíproca entre el mundo técnico y el mundo geográfico; su funcionamiento está prácticamente por completo en el interior del mundo técnico. (Simondon 2008, 75)

En el esquema simondoniano, no obstante, la adaptabilidad del motor del tren supone un grado mayor de concretización que el de un motor en una planta industrial en condiciones controladas. En *El modo de existencia...* sostiene que el desarrollo de los linajes técnicos ocurre en la doble relación con el medio geográfico y con el medio técnico. El objeto técnico no está definido “a título exclusivo” por un medio dado y su adaptación, en función de las contriciones que medios cambiantes demanden, llevará al objeto a ganar en autonomía y “concretización” que marcarán los signos de su “evolución”, en palabras del autor. Sin embargo, en la técnica contemporánea, y mediante la introducción del cómputo automatizado, podría aseverarse que si bien los objetos técnicos no operan en medios técnicos *stricto sensu*, sí operan en *medios normalizados*, distintos de los geográficos simondonianos.

El *campo* y la *ciudad* son los dos medios técnicos asociados más fácilmente identificables, sin embargo comportan algunas diferencias entre sí. El campo es el *medio normalizado* para la producción de alimentos y otros insumos. La ciudad, por otra parte, es el modelo de *medio técnico asociado* para la serie de dispositivos encastrados en sucesivos niveles que tienden a la preservación de lo específicamente humano: las unidades de habitación que protegen de la intemperie, asociadas a redes de electricidad, gas, agua y telecomunicaciones que se imbrican, interconectadas

por calles, puentes y vías. Pero la acción técnica no se agota en estos dos *medios* (uno técnico, o enteramente artificial, y otro normalizado). El monte y el desierto, *medios no normalizados*, así como el aire, el subsuelo y el océano (*a priori* no normalizables) constituyen aún *medios asociados naturales*. Y los objetos técnicos que se insertan en ellos son más abstractos, ya que cuentan con un grado menor de indeterminación por estar sujetos a condiciones cada vez más particulares.

Anticipación: Estereotipo y estándar

Aquí resulta útil recuperar el concepto de *anticipación* de Bernard Stiegler que complejiza la noción de concretización de los objetos técnicos simondonianos y su dimensión temporal. Para poder hablar de técnica y no de genética, Stiegler identifica como tal a aquellas formas de exteriorización (organizaciones de la materia fuera del cuerpo humano llevadas a cabo por un agente humano) que persisten y no mueren con el individuo: estas exteriorizaciones constituyen, en una primera instancia, *estereotipos*. La aparición de una exteriorización que trascienda al individuo señala la distancia que separa al hombre de los animales y marca el co-comienzo de técnica y humanidad. Los estereotipos suponen una capacidad de anticipación que introducen la dimensión temporal en la existencia humana y establece otro aspecto del abismo entre animales y humanos, los primeros son perennes en tanto que los segundos son mortales puesto que son conscientes de su propia muerte, la anticipan y actúan para diferirla. En ese hiato se ubica pues la técnica (Stiegler 2002, 225-235).

Cabe señalar, asimismo, que el problema fundamental de la técnica es así el de la replicación. Un objeto es propiamente técnico al superar el uso idiosincrásico que hace un individuo dado de una configuración particular de la materia y deviene un artefacto construido a partir de rasgos comunes y repetidos. En un trabajo previo señalaba que

El *estereotipo* es la unidad de sentido mínima sobre la que se establece el utillaje, aquellos rasgos repetidos que determinan que el ingenio exceda al individuo y constituya un objeto técnico reconocible y utilizable. O puesto de otro modo, una prótesis replicable que pueda suplir la carencia de diversos individuos de una misma comunidad. Sin embargo, el estereotipo tiene un margen de variación relativamente amplio y su relación con el medio asociado no está tan acotada. (Berti, 2014: 262)

La anticipación puede ganar en alcance a partir de una mayor previsibilidad de los resultados que habilitan los artefactos ya probados. De ese modo el estereotipo se estabiliza y da margen a las innovaciones, que no solo consolidarán un linaje artefactual, sino la emergencia de nuevos linajes. La novedad que introduce la idea de concretización simondoniana es que la indeterminación es lo que permite un salto en la evolución técnica. Es decir, no su especialización para realizar cada vez una función particular, sino su apertura a usos múltiples e imprevistos. Pero el salto sólo puede darse ante un grado de estabilidad que ofrece el modo de producción industrial que supere la instancia del estereotipo en la que es reemplazado por un nuevo modo de replicación, el estándar. A propósito de este, en el mismo trabajo señalaba que

[e]l establecimiento de determinados rasgos de los estereotipos sienta las bases para

la emergencia de estándares que permitan una anticipación más precisa, una prótesis más eficaz. El estándar estabiliza el estereotipo y acrecienta su transmisibilidad. Al desprenderlo de la contingencia, tiende a normalizar el material y las partes del objeto técnico despegándolo de la decisión personal del artesano e insertándolo en la previsión impersonal del ingeniero. (Autor, 2014: 263).

Medio asociado y anticipación

De manera análoga, en función del medio asociado en el que los distintos objetos técnicos se insertan podemos pensar en modos de anticipación más o menos eficaces a partir de la multiplicidad de variables en juego y si estas pueden o no ser controladas, o, al menos, previstas. En el caso de lo que he denominado *medios asociados naturales* se trata de medios *dados* y no *diseñados*, si bien el desarrollo del cálculo matemático y luego de la simulación computacional tienden a tratarlos como medios cada vez más previsibles. En cualquiera de los dos casos, en el mundo domesticado y en el mundo por domesticar encontramos un rasgo común que es la base tanto para la *normalización* (es decir la reorganización del medio asociado) como para la *previsión* (es decir la introducción de la anticipación en un medio dado no reorganizable). En ambos casos, los medios se estandarizan, con lo que el fenómeno excede el problema de la replicación. El estándar resulta así transversal a los medios asociados y a los objetos técnicos en el contexto industrial.

Por ello, procuraré identificar el modo en que el estándar aporta un elemento novedoso para revisar la definición simondoniana de “medio técnico asociado”. Permítaseme aquí introducir una periodización provisoria en función de la eficacia de la anticipación implicada: la estandarización es un proceso eminentemente técnico sucedáneo a los de *discretización* y *matematización*, y que precede al de *digitalización*. Lawrence Busch señala la relevancia de los estándares en cualquier cultura de masas, que es, necesariamente, una cultura industrial; incluso la de una industria de bicicletas como puede haber sido el modelo chino hasta hace no mucho, y no sólo para aquellas consideradas como tecnológicamente más avanzadas (como las sociedades occidentales o la japonesa). Aunque, como señala el autor, los estándares son invisibles y solo tomamos cuenta de su existencia cuando fallan (Busch 2011, 2). El título del libro resume cabalmente su argumento: *Estándares. Recetas para la realidad*. En un concepto más amplio de estándar, Busch propone:

Standards are about the ways in which we order ourselves, other people, things, processes, numbers, and even language itself. To put it slightly different, standards are where language and world meet [...] Indeed, even as some standards are the subject of more or less formal definitions in words, others are physical objects. Thus, as a category of experience, standards span the material and the ideal, the positive and the normative, the factual and the ethical, the sacred and the profane (Busch 2011, 3).

En una ponencia presentada en este mismo simposio, otro teórico de la técnica, Diego Lawler, agrega a estas dimensiones una dimensión política: el estándar funda imperio. Una

mirada complementaria es la Stiegler, quien sugiere que no es la invención de la industria moderna la que impone los estándares, sino que a la inversa, es la invención del estándar la que impone la industria moderna al hacer más previsible los procesos de producción y acelerarlos. A partir de la mayor eficacia en la anticipación, la estandarización puede explicar la aceleración de la innovación técnica en los últimos doscientos años, la sincronización global de la técnica (lo que Stiegler ha identificado como la concretización no ya al nivel de los individuos técnicos sino al nivel de los conjuntos y sistemas técnicos) y el desarrollo de la informática. En este último caso, y recuperando algunas intuiciones previas ya presentadas en otras reuniones científicas, me gustaría proponer que con la digitalización de los objetos técnicos estamos la emergencia auténticas *máquinas universales* y que el estándar está en el corazón de este nuevo estado de lo técnico. Más aún, que tal universalidad es posible porque las computadoras pueden simular los medios asociados preexistentes para así poder cumplir la función de todas las máquinas previas.

Siguiendo lo propuesto por Lev Manovich en *Software Takes Command* (2013), por “máquinas universales” me refiero a aquellos objetos técnicos surgidos a partir de la irrupción de protocolos digitales de comunicación que permiten la emergencia de redes técnicas automatizadas. En estos nuevos objetos tienen como rasgo distintivo la convergencia de funciones técnicas antes separadas por especificidades (así como de nuevas técnicas propias del medio digital) en dispositivos computacionales. El caso del “software de producción cultural” que trabaja Manovich permite abordar esta convergencia en un campo de la técnica en el que la universalización ha sucedido de modo efectivo (hoy se produce y se accede al sonido, imagen y texto desde un mismo objeto técnico, la computadora, y en un mismo medio técnico asociado, el digital). Ante el fenómeno, cabe preguntarse si un proceso de universalización equivalente no está en curso en los demás campos de la técnica y la cultura en un sentido amplio (producción industrial, comercio, logística, comunicaciones y administración).

Yuk Hui, discípulo de Stiegler, ha iniciado una investigación en torno a la tecnicidad de lo digital. Para ello resulta fundamental su concepto de “medio digital” [*digital milieu*]. Este concepto le ha permitido abordar la pregunta por la existencia de los objetos digitales (Hui 2012). En un trabajo en co-autoría, hemos sugerido que

Los elementos constitutivos del medio digital suelen ser ellos mismos objetos digitales (puede pensarse que siempre es necesario un soporte físico, pero el anclaje de lo digital en él puede diferirse tanto como se quiera). Esto tiene algunas consecuencias que pueden verse como propiedades distintivas de los objetos digitales. Es claro, por un lado, que los objetos digitales admiten múltiples realizaciones, compartiendo esto con los objetos técnicos, incluso de manera más clara. La identidad misma de los objetos digitales solo puede considerarse de manera relacional, es decir que el medio asociado es inseparable de ellos. Una cadena de bits puede realizarse físicamente de las maneras más diversas, pero su significado como objeto digital depende de la interpretación que hagan de si los programas de su entorno digital. Dichos programas también son objetos digitales, y por lo tanto también admiten múltiples realizaciones, y también son identificados en su propio entorno o medio asociado (el cual puede incluir el

entorno que ellos conforman, pero no necesariamente se identificará con él). Esta cadena de interpretaciones y de meta-medios, meta-meta-medios, meta-meta-meta-medios... puede extenderse, no habiendo a priori límites conceptuales para dichas extensiones. (Blanco y Berti 2014: 64)

Esto sólo señala el recorrido a seguir por una investigación aún por ser realizada. En la misma resulta necesario determinar de qué modo se constituyen los objetos técnicos hacia el interior del medio digital y cómo el mismo *medio digital* es en un nivel *medio* y en otro *objeto*.

Mi tesis provisoria es que los estándares pueden explicar las bases del cambio técnico contemporáneo en los que la automatización de la anticipación ocupa un rol determinante para garantizar una creciente sincronización (o *interoperabilidad*) propiciada por la posibilidad de interpretación que se abstraen de la realización efectiva habilitada por la computación. Ante este estado de cosas, me interesa identificar la tensión entre la *arbitrariedad cultural* y la *necesariedad técnica* en el establecimiento de distintos estándares y sus efectos en los procesos de individuación técnica.

Un problema derivado es si en la creciente demanda de estándares por parte de los conjuntos técnicos puede identificarse un *télos* de la técnica en el estándar o si existe una técnica contemporánea en la que el estándar no sea determinante. Si aceptamos las premisas de Stiegler, los estándares podrían jugar un rol determinante para determinar los rasgos de la tecnicidad contemporánea y la existencia de una tendencia que permita entrever los motivos de la aceleración técnica a partir de una anticipación más eficiente. Determinar con precisión el lugar que ocupa el estándar en el medio digital entendido como prolongación del medio técnico simondoniano puede brindar una herramienta epistémica poderosa para describir los modos de individuación técnica y los especificidades de la misma en el medio digital.

Bibliografía

- BERTI, AGUSTÍN (2014) .Étnica y técnica. *Nombres*, 27, , 253-269 – UNCor, Córdoba
- BLANCO, JAVIER Y BERTI, AGUSTÍN (2014) “¿Objetos digitales?”. En Lawler, D. *Actas del IV Coloquio Internacional de Filosofía de la Tecnología: Tensiones, continuidades y rupturas*. Buenos Aires, Universidad Abierta Interamericana, 57-65.
- BUSCH, L. (2011). *Standards: Recipes for reality*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- HUI, Y. (July 01, 2012). What is a Digital Object? *Metaphilosophy*, 43, 4, 380-395.
- MANOVICH, L. (2013). *Software takes command: Extending the language of new media*. London: Bloomsbury Publishing.
- RODRÍGUEZ, P. (2008). Prólogo. El modo de existencia de una filosofía nueva. En G. Simondon (2008). *El Modo de existencia de los objetos técnicos*. Buenos Aires: Prometeo, 9-24.
- SIMONDON, G. (2008). *El Modo de existencia de los objetos técnicos*. Buenos Aires: Prometeo.
- STIEGLER, B. (2002). *La técnica y el tiempo*. Hondarribia: Editorial Hiru.

Racionalidad colectiva en la argumentación social. Imposibilidad general y posibilidad restringida

*Gustavo Adrián Bodanza**

Introducción

Este trabajo trata sobre la toma de decisiones sociales basadas en argumentación. Desde el punto de vista de la Teoría de la Elección Social (TES), las preferencias sociales se establecen por agregación de las preferencias de los individuos, sin tener en cuenta el porqué de tales preferencias. Sin embargo, si se pretenden justificar las decisiones sociales argumentativamente –como proponen los teóricos de la democracia deliberativa– los criterios y ponderaciones individuales sobre los argumentos a favor o en contra de una alternativa deberían ser evaluados de modo tal que permitan hallar los argumentos colectivamente mejor fundados.

Entre los muchos problemas teóricos que suscita una decisión colectiva argumentada, nos enfocaremos en la cuestión de bajo qué condiciones se la puede considerar racional. Siguiendo las intuiciones naturales surgidas en los orígenes de la TES, consideraremos, en términos generales, que las decisiones colectivas deben reflejar, de alguna manera, las mismas condiciones de racionalidad exigibles a las decisiones individuales. En particular, entendemos que las ponderaciones colectivas realizadas sobre los argumentos del caso deben regirse por las mismas condiciones que las ponderaciones individuales. Por ejemplo, si los individuos reconocen en un argumento a a un atacante de otro argumento b , entonces es de esperar que también colectivamente a se reconozca como un atacante de b .

En nuestro estudio idealizaremos una situación de decisión en la que se pondera un conjunto finito de argumentos A , los que interactúan entre sí atacándose unos a otros, interacción que representaremos mediante una relación binaria T sobre A . Así, partiremos de un *marco argumentativo* abstracto $M = \langle A, T \rangle$ (Dung, 1995) que representa idealmente la situación. Asumiremos también que la ponderación de los argumentos de A , tanto en lo individual como en lo colectivo, consiste en determinar, para cada argumento en A , si resulta aceptado, rechazado o no decidido. Las ponderaciones, para ser racionales, deben cumplir ciertos requisitos. Intuitivamente, por ejemplo, es de esperar que si $(a, b) \in T$ (i.e. a ataca a b) entonces la aceptación de a implique el rechazo de b , o el rechazo de a –si no hay otros atacantes de b – implique la aceptación de b . Entonces, si esto es exigible para las ponderaciones individuales, también debería ser exigible para las ponderaciones colectivas.

Rahwan y Tohmé (2010) muestran que no es posible, en general, obtener una agregación racional de ponderaciones individuales, teniendo en cuenta, además, otros requisitos de racionalidad conocidos en la TES. Sin embargo, nos proponemos mostrar que, bajo ciertas restricciones razonables impuestas a las ponderaciones individuales y al número de individuos, se puede garantizar la racionalidad colectiva.

* Universidad Nacional del Sur / CONICET

Marcos argumentativos abstractos y etiquetamientos

Como dijimos, la herramienta para representar una situación de debate será un *marco argumentativo abstracto* (Dung, 1995).

Definición 1. Un marco argumentativo abstracto es un par $M = \langle A, T \rangle$ donde A es un conjunto de argumentos y T es una relación binaria $T \subseteq A \times A$ que representa los ataques que se dan entre elementos de A (tanto la noción de argumento como la de ataque son primitivas en este modelo).

Ejemplo 1. El marco argumentativo $M_1 = \langle \{a, b, c\}, \{(b, a), (b, c), (c, b)\} \rangle$ representa una situación en la que hay sólo tres argumentos, a , b y c , tales que b ataca a a , b ataca a c y c ataca a b . A su vez, M_1 se puede graficar como un digrafo en el que los nodos representan los argumentos y los arcos, los ataques (fig. 1).

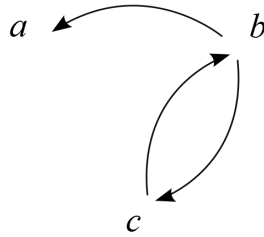


Figura 1

$N = \{1, 2, \dots, n\}$ será un conjunto de agentes, los miembros del grupo o sociedad que deben tomar la decisión colectiva teniendo en cuenta los argumentos de A . Cada agente realizará sus ponderaciones individuales determinando, para cada argumento $a \in A$, si lo acepta, lo rechaza o si no decide al respecto. Esto se representará mediante *etiquetamientos* (*labellings* –Caminada, 2006) sobre el marco.

Definición 2. Un *etiquetamiento* sobre un marco argumentativo $M = \langle A, T \rangle$ es una función total $L: A \rightarrow \{\text{IN}, \text{OUT}, \text{UNDEC}\}$ (IN: aceptado; OUT: rechazado; UNDEC: no decidido). Un etiquetamiento es *completo* si y sólo si para todo argumento $x \in A$:

1. $L(x) = \text{OUT} \Leftrightarrow \exists y \in A ((y, x) \in T \wedge L(y) = \text{IN})$
2. $L(x) = \text{IN} \Leftrightarrow \forall y \in A ((y, x) \in T \wedge L(y) = \text{OUT})$

(Además, de 1, 2 y el hecho de que L es una función total, se sigue que $L(x) = \text{UNDEC} \Leftrightarrow L(x) \neq \text{OUT} \wedge L(x) \neq \text{IN}$).

Notación: dada una ordenación (x_1, x_2, \dots, x_k) de elementos de A , un etiquetamiento L de esos elementos será denotado por $L(x_1, x_2, \dots, x_k) = (l_1, l_2, \dots, l_k)$, donde $L(x_j) = l_j$, para todo j , $1 \leq j \leq k$.

Ejemplo 2. El marco del Ejemplo 1 tiene tres etiquetamientos completos posibles para (a, b, c) : (IN, OUT, IN), (OUT, IN, OUT) y (UNDEC, UNDEC, UNDEC).

La decisión colectiva como agregación de etiquetamientos

Veamos un simple ejemplo motivador.

Ejemplo 3. Imaginemos un equipo de tres médicos (1, 2 y 3) que deliberan acerca de la terapia adecuada para un paciente. Luego de diversas consideraciones, la discusión se centra en tres argumentos:

a: “Los síntomas x, y, z son indicios de la enfermedad e_1 , luego debería aplicarse la terapia t_1 ”

b: “Los síntomas x, w, z son indicios de la enfermedad e_2 , luego debería aplicarse la terapia t_2 ”

c: “Los síntomas x, z son indicios de la enfermedad e_3 , luego debería aplicarse la terapia t_3 ”

Supongamos además que son incompatibles las terapias t_1 con t_2 y t_2 con t_3 , de modo que entran en conflicto los argumentos a y b , por un lado, y b y c , por otro, atacándose entre sí. Entonces representamos esta situación mediante el marco argumentativo $M_2 = \langle \{a, b, c\}, \{(a, b), (b, a), (b, c), (c, b)\} \rangle$ (fig. 2).

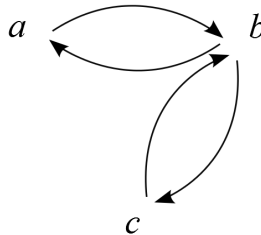


Figura 2

Ahora, cada agente $i \in \{1, 2, 3\}$ hace su ponderación individual, que será representada por un etiquetamiento L_i . Sean tales ponderaciones $L_1(a, b, c) = L_2(a, b, c) = (\text{IN}, \text{OUT}, \text{IN})$ y $L_3(a, b, c) = (\text{OUT}, \text{IN}, \text{OUT})$ (fig. 3).

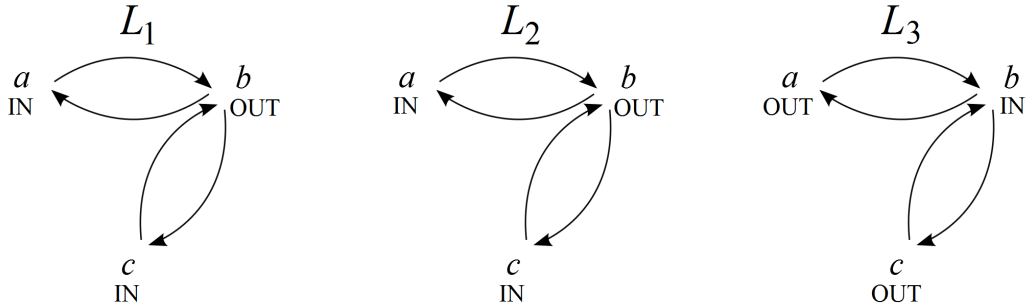


Figura 3

Luego se aplica el mecanismo de agregación. Los mecanismos podrían ser varios. Por ejemplo, podemos pensar en aplicar *mayoría simple*, ya sea contando las etiquetas de cada argumento (*argument-wise plurality voting* –Rahwan & Tohmé, 2010) o contando los etiquetamientos completos. En este caso, ambos procedimientos arrojarían el mismo etiquetamiento colectivo $L_c=L_1=L_2$, ya que los agentes 1 y 2 hacen el mismo etiquetamiento y logran imponerlo.

Formalmente, cada mecanismo es representado por un *operador de agregación*, i.e. una función parcial

$$F : \mathbf{L}(\langle A, T \rangle)^n \rightarrow \{\text{IN}, \text{OUT}, \text{UNDEC}\}^{|A|}$$

donde $\mathbf{L}(\langle A, T \rangle)$ es la clase de etiquetamientos de $\langle A, T \rangle$ y n es el número de agentes. Es decir, dado un perfil¹ de etiquetamientos individuales, F podrá asignarle a éste un etiquetamiento colectivo (dado que es un función parcial, podría no asignar etiquetamientos colectivos para algunos perfiles).

Ahora bien, ¿podemos asegurar que los etiquetamientos asignados por F serán siempre completos (en el sentido de la Definición 2)? O sea, dado *cualquier* mecanismo de agregación que represente F , y dado *cualquier* perfil de etiquetamientos individuales, ¿será completo el etiquetamiento colectivo L_c ? Esta duda, según nuestro criterio, cuestiona la posibilidad de obtener decisiones colectivas argumentadas racionales en general. De hecho –siguiendo a Rahwan y Tomé (2010)– un operador de agregación F cumple *racionalidad colectiva* si y sólo si para cualquier marco argumentativo $\langle A, T \rangle$ y cualquier perfil (L_1, L_2, \dots, L_n) de etiquetamientos individuales de $\langle A, T \rangle$, $L_c = F(L_1, L_2, \dots, L_n)$ es un etiquetamiento completo.

Es fácil ver que no siempre el etiquetamiento colectivo resultante será completo.

Ejemplo 4. Sean el marco $M_3 = \langle \{a, b, c\}, \{(a, b), (b, a), (b, c), (c, b), (c, a), (a, c)\} \rangle$, los agentes $N=\{1, 2, 3\}$ y las ponderaciones individuales de los argumentos $L_1(a, b, c) = (\text{IN}, \text{OUT}, \text{OUT})$, $L_2(a, b, c) = (\text{OUT}, \text{IN}, \text{OUT})$ y $L_3(a, b, c) = (\text{OUT}, \text{OUT}, \text{IN})$. Entonces, si F

representa el mecanismo de agregación por mayoría simple sobre las etiquetas de cada argumento, obtenemos el etiquetamiento colectivo $L_c = F(L_1, L_2, L_3) = (\text{OUT}, \text{OUT}, \text{OUT})$ que, claramente, no es completo (fig. 4).

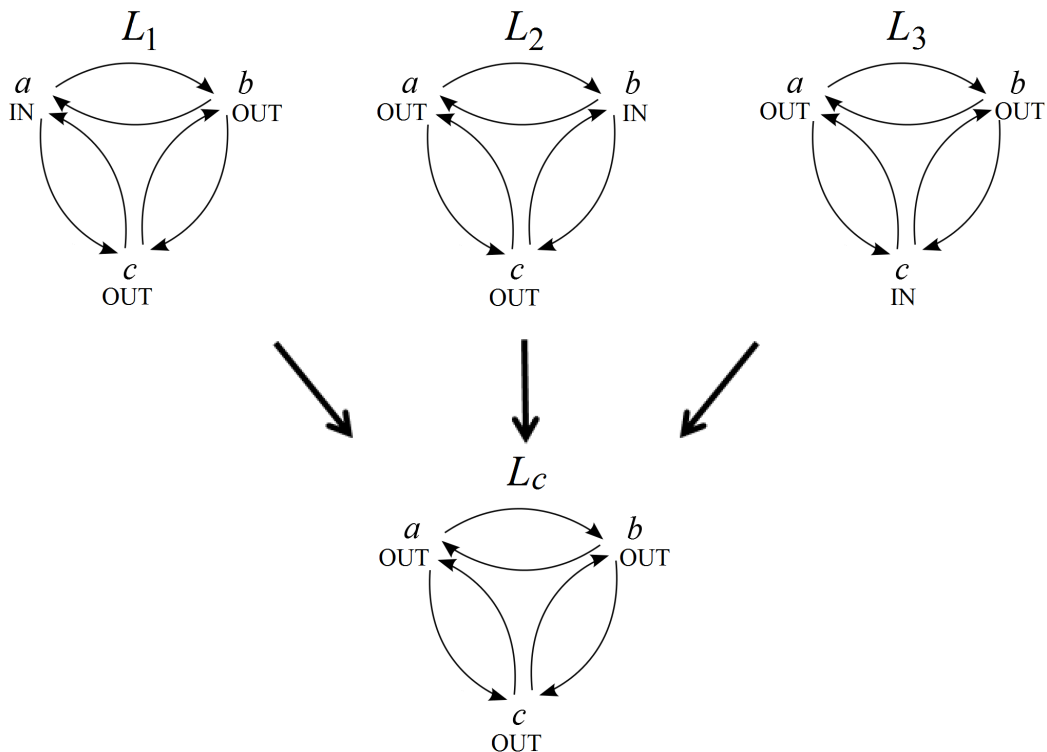


Figura 4

Un resultado negativo y una propuesta de escape

a. El resultado negativo

Habiendo visto que el mecanismo de mayoría simple no garantiza la racionalidad colectiva, surge la pregunta de si no será posible para otros mecanismos. Rahwan y Tohmé (2010) muestran que *ningún* mecanismo de agregación que cumpla racionalidad colectiva puede a la vez satisfacer un conjunto de otras propiedades deseables. Tales propiedades, familiares en el ámbito de los teóricos de la elección social, son las siguientes:

Dominio Irrestricto: todo posible perfil de etiquetamientos individuales (L_1, \dots, L_n) está en el

dominio de F .

Unanimidad: Si $L_i = L$ para $i = 1, \dots, n$, entonces

$$F(L_1, \dots, L_n) = L.$$

Anonimidad: dada cualquier permutación

$$p : \{1, \dots, n\} \rightarrow \{1, \dots, n\},$$

$$F(L_1, \dots, L_i, \dots, L_n) = F(L_{p(1)}, \dots, L_{p(i)}, \dots, L_{p(n)}).$$

Sistematicidad: para cualesquiera argumentos $a, b \in A$ y dos perfiles (L_1, \dots, L_n) y (L'_1, \dots, L'_n) , si $\forall i L_i(a) = L'_i(b)$ entonces $F(L_1, \dots, L_n)[a] = F(L'_1, \dots, L'_n)[b]$.

La propiedad de *dominio irrestricto* dice que F debe arrojar un resultado, cualesquiera sean las ponderaciones individuales. *Unanimidad* –como es obvio– dice que si todos los agentes hacen exactamente la misma ponderación, ésta debe ser la resultante en lo colectivo. Por *anonimidad* se entiende que la ponderación colectiva no puede cambiar si los agentes intercambian entre sí sus ponderaciones –dicho de otro modo, todo depende de las ponderaciones mismas y no de quiénes las hacen. Finalmente, por *sistematicidad* se entiende que si todos los individuos ponderan un argumento a en un perfil determinado, exactamente del mismo modo que ponderan otro argumento b en otro perfil, entonces la ponderación colectiva de a en el primer perfil debe ser exactamente la misma que la ponderación colectiva de b en el otro perfil.

En lo que sigue, intentaremos hallar un resultado positivo para, al menos, el mecanismo de agregación por mayoría simple sobre los etiquetamientos de argumentos. Para escapar de la imposibilidad, como es usual en TES, se puede abandonar la condición de dominio irrestricto, i.e., aceptar que para algunos perfiles de ponderaciones individuales no habrá una ponderación colectiva racional. Entonces, ¿cómo pueden caracterizarse los perfiles para los que el resultado positivo es posible? Básicamente, necesitamos tres cosas: 1) evitar empates, 2) que siempre que una mayoría rechace un argumento, acepte a su vez a un atacante de éste, y 3) que siempre que una mayoría acepte un argumento, entonces rechace cualquier posible atacante de éste. Siguiendo a Rahwan y Tohmé (2010) llamamos a estas condiciones ‘No empate’, ‘Derrota Condorcet’, y ‘No Indecisión Condorcet’, respectivamente. Formalmente, se definen como sigue:

1) *No empate:* Un perfil de etiquetamientos (L_1, \dots, L_n) satisface la condición *no empate* si para cualquier $a \in A$, existe una etiqueta l tal que

$$|\{i : L_i(a) = l\}| > \max_{l' \neq l} |\{i : L_i(a) = l'\}|$$

Esta condición exige que todo argumento reciba siempre una etiqueta mayoritaria.

Para definir las siguientes dos propiedades necesitamos la noción de ‘ganador Condorcet’. Diremos que una etiqueta $l_a \in \{IN, OUT, UNDEC\}$ de un argumento $a \in A$ es un *ganador*

Condorcet con respecto a un perfil de etiquetamientos (L_1, \dots, L_n) , en símbolos $GC(a, l_a, (L_1, \dots, L_n))$, si y sólo si $|\{i: L_i(a) = l_a\}| > |\{i: L_i = l'_a\}|$ para toda etiqueta $l'_a \neq l_a$. O sea, la etiqueta l_a es un ganador Condorcet si la cantidad de individuos que ponen esa etiqueta sobre a es superior a la de individuos que ponen cualquier otra etiqueta. Entonces,

2) *Derrota Condorcet*: Un perfil (L_1, \dots, L_n) satisface *derrota Condorcet* si y sólo si se cumple:
 $GC(a, \text{OUT}, (L_1, \dots, L_n)) \Leftrightarrow \exists b \in A$, tal que $(b, a) \in T$ y $GC(b, \text{IN}, (L_1, \dots, L_n))$

Es decir, todo perfil debe ser tal que si para un argumento a resulta ganadora Condorcet la etiqueta OUT, entonces debe resultar ganadora Condorcet la etiqueta IN para algún argumento atacante de a .

3) *No Indecisión Condorcet*: Un perfil de etiquetamientos satisface *no indecisión Condorcet* si y sólo si se cumple:

$GC(a, \text{IN}, (L_1, \dots, L_n)) \Leftrightarrow \nexists b \in A$, tal que $(b, a) \in T$ y, o bien $GC(b, \text{UNDEC}, (L_1, \dots, L_n))$, o bien $GC(b, \text{IN}, (L_1, \dots, L_n))$.

Según esta condición, la etiqueta IN no puede resultar ganadora Condorcet para un argumento a , si para algún atacante de a resulta ganadora Condorcet o bien la etiqueta IN o bien la etiqueta UNDEC.

Es bastante claro que las condiciones de Derrota Condorcet y No Indecisión Condorcet apuntan directamente a obtener la racionalidad colectiva, de acuerdo a los requisitos exigidos para un etiquetamiento completo de argumentos. En efecto, Rahwan y Tohmé (2010) demuestran que estas condiciones son necesarias y suficientes para obtener la racionalidad colectiva.

Por otra parte, nuestro propósito es encontrar algunas condiciones específicas y, sobre todo, razonables, bajo las cuales se cumplan estas tres propiedades.

b. La propuesta de escape

Las condiciones que hallamos no son necesarias sino suficientes. En primer lugar, el modo más obvio de evitar empates para el mecanismo de mayoría simple es el de limitar la cantidad de individuos a un número impar. En segundo lugar, la Derrota Condorcet se puede asegurar si el marco argumentativo en cuestión tiene como máximo tres etiquetamientos completos posibles por cada componente fuertemente conectado del grafo². En tercer lugar, No Indecisión Condorcet se cumplir  si todos los individuos minimizan la etiqueta UNDEC en sus ponderaciones.

Veamos ahora que tan “razonables” son estas condiciones. Primero, está claro que si tenemos un número par de individuos, entonces en casos de dos facciones con $n/2$ votos cada una es imposible evitar los empates. De modo que no hay muchas opciones para evitar esto.

En la vida real, vemos que es usual en algunos organismos resolutivos que en casos de empates algún miembro cuente con voto calificado para desequilibrar la igualdad, procedimiento equivalente a contar doble el voto de ese individuo, llevando el total de votos a un número impar.

Segundo, limitar la cantidad de etiquetamientos posibles del marco argumentativo a un máximo de tres equivale a evitar ataques mutuos entre más de dos argumentos, todos entre sí. Básicamente, esta restricción evita los ciclos de ataques de longitud tres, situación en la que un argumento puede tener etiqueta mayoritaria OUT sin que ninguno de sus atacantes tenga etiqueta mayoritaria IN. Por ejemplo, el marco de la figura 4 tiene cuatro etiquetamientos posibles –además de L_1 , L_2 y L_3 también es posible (UNDEC, UNDEC, UNDEC)– dando lugar a un etiquetamiento colectivo no completo: el perfil de etiquetamientos individuales no cumple Derrota Condorcet. Para estos casos quizá resulte más apropiada una decisión basada en el azar antes que en el mecanismo de mayorías, lo que, después de todo, significa reconocer que los argumentos disponibles no son suficientes para la decisión.

Tercero, que todos los individuos minimicen la etiqueta UNDEC representa el hecho de exigir el mayor compromiso posible para aceptar o rechazar argumentos. Siempre que sea lógicamente posible (i.e. manteniendo un etiquetamiento completo), cada individuo i debe ser capaz de decidir, para cada argumento a , si su etiqueta será $L_i(a)=IN$ o $L_i(a)=OUT$. Un dato técnico: esto significa que los etiquetamientos de los individuos deben ser *semi-estables* (Caminada, 2006), caracterizándose por el hecho de que todo argumento que no tiene etiqueta IN es atacado por algún argumento con etiqueta IN (exceptuando el extraño caso de argumentos que se auto-ataquen).

Veamos ahora un bosquejo de la prueba. Asumiendo, entonces, que n es impar, que el marco argumentativo tiene a lo sumo tres etiquetamientos completos posibles y que los individuos aplican etiquetamientos en los que UNDEC es mínimo, debemos probar que se cumplen las propiedades de No Empate, Derrota Condorcet y No Indecisión Condorcet.

Comencemos por ver que se cumple Derrota Condorcet. Supongamos que para un argumento a la etiqueta OUT resulta ganadora Condorcet. Está claro que en ese marco argumentativo debe existir un argumento b que ataca a a . Más aún, podemos tener secuencias a_1, a_2, \dots, a_n de argumentos donde $a_1 = a$ y para cada i , $1 < i \leq n$, $(a_{i+1}, a_i) \in T$. En algún etiquetamiento en el que a tiene etiqueta OUT, a_2 tendrá etiqueta IN, a_3 tendrá etiqueta OUT, etc. Nótese que un etiquetamiento que asigna UNDEC a todos estos argumentos no puede ser elegida por ningún individuo, puesto que no cumplirían con el compromiso de minimizar esa etiqueta. De modo que en cualquier etiquetamiento individual todos los argumentos de esa secuencia tienen o bien etiqueta IN o bien etiqueta OUT. Esto implicará que algún argumento atacante de a recibirá la etiqueta IN, que resultará ganadora Condorcet.

No Indecisión Condorcet: Supongamos que a tiene etiqueta IN ganadora Condorcet, i.e. $GC(a, IN, (L_1, \dots, L_n))$. Está claro que para cualquier argumento b que ataca a a existe otro argumento c que ataca a b . Por hipótesis, existen algunos etiquetamientos en los que c no recibe etiqueta OUT; por otra parte, si c recibe etiqueta UNDEC, tal etiquetamiento no minimizará el uso de UNDEC, por lo cual no podrá ser elegido por ningún individuo. Luego, en todo etiquetamiento elegido c tendrá etiqueta IN, lo que implica que b no tendrá etiqueta IN ni UNDEC.

Finalmente, la condición de No Empate se verifica como sigue. Descartando la posibilidad de que a pueda ser etiquetado sólo con UNDEC (caso en el que obviamente no habrá empates), a sólo podrá ser etiquetado por los individuos o bien con IN o bien con OUT. Puesto que el número de individuos es impar, no podrá haber un empate entre esos etiquetamientos.

Conclusión

En este trabajo hemos tratado sobre ciertas limitaciones formales para la toma de decisiones colectivas argumentadas y hemos propuesto algunas condiciones suficientes para obtener resultados racionales en base al mecanismo de agregación de mayoría simple. En concreto, hemos comentado el resultado de Rahwan y Tohmé (2010) acerca de la imposibilidad de obtener una evaluación colectiva de argumentos racional, siempre que se pretendan salvar las condiciones de Dominio Irrestricto, Unanimidad, Anonimidad y Sistemática. Nuestra vía de escape consistió en identificar tres condiciones suficientes para su posibilidad, consistentes en 1) restringir el dominio de perfiles individuales exigiendo el máximo compromiso posible de parte de los individuos en la aceptación o rechazo de los argumentos, 2) acotar la clase de marcos argumentativos sobre los que es posible establecer una decisión racional, evitando que tres o más argumentos se ataquen entre sí a la vez, y 3) evitando la posibilidad de empates exigiendo un número impar de individuos. Por supuesto, aunque suficientes, estas condiciones no son necesarias.

El problema que hemos tratado tiene claras similitudes con el de *agregación de juicios* (List y Pettit, 2002, etc.). En ese caso, se estudia la posibilidad de agregar conjuntos de fórmulas. Dado un conjunto de fórmulas F que representan proposiciones sobre las que cada individuo juzgará su verdad o falsedad, el propósito es encontrar un conjunto de fórmulas que represente la opinión colectiva sobre esas proposiciones. Las evaluaciones de cada individuo i son representadas por un conjunto F_i que contendrá, por cada fórmula a en F , o bien la fórmula a (representando la evaluación de a como verdadera) o bien la fórmula $\neg a$ (a evaluada como falsa). Las fórmulas pueden estar lógicamente relacionadas, por lo que se exigen ciertas condiciones de racionalidad tanto para los conjuntos individuales como para el colectivo. Básicamente, cada conjunto de fórmulas debe ser consistente, completo (en el sentido de que

por cada fórmula a , o bien contiene a o bien contiene $\neg a$) y deductivamente clausurado. El conjunto colectivo resultante de la agregación es racional si y sólo si el resultado es también un conjunto consistente, completo y deductivamente clausurado. List y Pettit demuestran la imposibilidad de obtener este resultado en caso de cumplirse otras condiciones, como Dominio Irrestricto, Sistemática y Anonimidad. Luego estudian algunas restricciones que lo posibilitan.

Notas

1. Por ‘perfil’ se entiende el conjunto de todas las ponderaciones individuales.
2. Un *componente fuertemente conectado* de un grafo es un subgrafo máximo tal que para cualesquiera de sus nodos a y b , existe tanto un camino de a hacia b como uno de b hacia a .

Bibliografía

- DUNG, P. M. (1995). On the acceptability of arguments and its fundamental role in nonmonotonic reasoning, logic programming and n-person games. *Artificial Intelligence*, 77(2) (pp. 321–357).
- CAMINADA, M. (2006). Semi-stable semantics. *Proc. Computational Models of Agents (COMMA 2006)* (pp. 121-130).
- LIST, C., PETTIT, P. (2002). Aggregating sets of judgements: An impossibility result, *Economics and Philosophy*, 18 (pp. 89-110).
- RAHWAN, I., TOHMÉ, F. (2010). “Collective argument evaluation as judgement aggregation”. En van der Hoek, Kaminka, Lespérance, Luck and Sen (eds.), *Proceedings of the 9th International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS)*, May, 10–14, 2010, Toronto, Canada (pp. 417-424).

Inferencias abductivas y diseño observacional en astronomía

*Maximiliano Bozzoli**

Introducción

Atendiendo a los diferentes tratamientos filosóficos que ha tenido la distinción entre una observación directa y otra indirecta, y a su vez entre lo observable y lo inobservable, en este trabajo se tomarán en cuenta ciertas prácticas observacionales indirectas de la astronomía contemporánea. Se explorarán las relaciones, dadas en el proceso de generación de hipótesis, entre los conceptos de evidencia e inferencia y se analizarán sus dependencias con el diseño observacional. A partir del soporte evidencial disponible, existen diferentes maneras de obtener conclusiones y resultados observables. Precisamente, las inferencias observacionales suelen estar ligadas a esquemas de razonamiento muy variados, entre los cuales pueden identificarse tanto mecanismos inductivos como patrones abductivos.

A diferencia de la inducción, la cual permite sólo transferir alguna propiedad física observada en el pasado al futuro inobservado, las inferencias abductivas permiten dar las causas o las razones explicativas de este último a partir de los eventos previamente observados. A los propósitos de este trabajo, se tendrá en cuenta la clasificación propuesta por Schurz (2008), quien sostiene que las abducciones son patrones especiales de inferencias a la mejor explicación y se mantendrá una posición crítica al enfoque estructuralista de este autor.

Al considerarse un estudio de caso de la astrofísica estelar, se mostrará que el criterio clasificatorio propuesto por Schurz descuida aspectos importantes del diseño observacional que configura la situación abductiva. En particular, el salto inferencial de la evidencia a la hipótesis o conclusión inferida también está sujeto a la objetividad propia del sistema de observación, es decir, tanto al diseño de los instrumentos y técnicas asociadas a ellos como a las condiciones iniciales y de contorno del escenario observacional.

Patrones de razonamiento

En contraste con el esquema de *inferencia a la mejor explicación* (IME) propuesto por Harman (1965), la mayoría de los autores sugieren modificar este patrón de razonamiento debido a la incapacidad de conocer todas las explicaciones posibles de un fenómeno determinado. Incluso Lipton (1991) sugiere que la *inferencia a la mejor explicación disponible* (IMED) puede conllevar a un ámbito especulativo debido a la falta de conocimiento del objeto bajo investigación. Por esta razón, Schurz asevera que la primera regla no es factible y la segunda no es ampliamente aceptada. De esta manera, él ratifica la necesidad de establecer criterios tales como el de mínima aceptación y el de comparación entre las explicaciones abductivas más probables y

* Universidad Nacional de Córdoba. maxibozzoli@gmail

las más atractivas. Dado que no existe una regla única que permita establecer la calidad de dichas explicaciones, él afirma además que los criterios de evaluación para las abducciones son diferentes para los distintos tipos de abducciones; de ahí su clasificación.

Schurz sostiene que el importante rol estratégico de los patrones abductivos está asociado siempre a una función justificacional débil, mediante la semejanza o similitud con otros patrones más exitosos. Según él, los esquemas inferenciales generales, tales como IME o IMED, no proveen reglas heurísticas que guíen eficientemente en el proceso de generación de hipótesis explicativas. Ello se debe a que estas últimas dependen de tipos particulares de escenarios abductivos que las condicionan.

Dado que el rol más importante de las abducciones es el estratégico, el cual permite la exploración tanto de conjeturas posibles como de explicaciones probables a partir de una situación determinada, en las abducciones selectivas la dificultad subyace en definir el espacio de búsqueda en función de un tiempo razonable; mientras que en las abducciones creativas el problema radica en encontrar sólo una conjetura que se ajuste a las limitaciones requeridas en futuros testeos empíricos y confirmaciones posteriores. De esta manera, Schurz provee un criterio de clasificación basado en tres factores de mayor y de menor relevancia epistémica. Dichos factores posibilitan además que la norma para evaluar patrones sea diferente en cada grupo. Este autor propone tres “dimensiones” para clasificar patrones abductivos: 1) el tipo de hipótesis inferida, la cual puede inicialmente producirse como una conjetura, 2) la clase de evidencia disponible; a partir de la misma se intenta explicar un fenómeno específico y 3) las creencias epistémicas y mecanismos cognitivos que dirigen el proceso abductivo. Sin embargo, desde su perspectiva epistemológica, él considera sólo el primer factor como el más relevante para establecer un criterio taxonómico. Solamente con identificar supuestos, presunciones, conjeturas, opiniones o rumores, es posible modelar cada tipo abductivo como un esquema específico donde la hipótesis explicativa más prometedora está determinada estructuralmente. Así, este autor deja de lado las otras dos dimensiones, las cuales son aquí consideradas fundamentales para intentar definir un criterio robusto de clasificación.

Si bien Schurz no desarrolla los dos últimos factores, tampoco los niega. Él sostiene que estas tres dimensiones no son independientes entre sí, o sea, las propiedades de un patrón abductivo pueden también estar sujetas a los valores del segundo y del tercer factor, los cuales se hallan en covarianza con respecto al estatus del primero. Esto significa que la evidencia disponible en conjunto con el conocimiento de base puede brindar el soporte epistémico para el tipo de hipótesis que es abducida. Los procedimientos necesarios para evaluar esta última dependerán de sus características y serán diferentes para cada clase. Dado que el análisis planteado por este autor está lejos de tener en cuenta grados de evidencia en relación con las prácticas observacionales, la clase de evidencia que él menciona está condicionada a un examen cualitativo.

Patrones de abducción

Schurz considera las abducciones factuales como una primera clase que incluye hechos

observables e inobservables en principio. Los primeros pueden o no ser observados; si lo son, la observación es directa cuando son percibidos o indirecta cuando son percibidos a través de instrumentos de observación. En este tipo de abducciones, tanto la evidencia como la hipótesis abducida se corresponden con casos particulares. Así, la *retroducción* se halla conducida por leyes conocidas que van de las causas a los efectos y la hipótesis inferida tiene una dirección inversa a las implicaciones sugeridas por dichas leyes. Este patrón de razonamiento hacia atrás, suele formar parte del sentido común humano. Según este esquema, a partir de la evidencia arrojada por efectos particulares observados, las causas específicas no observadas pueden ser observables en un marco de leyes conocidas. De esta manera, los procedimientos de testeo consisten sólo en obtener la mayor cantidad de evidencia a la hora de generar la conjetura abducida. De acuerdo a Magnani (2001), este tipo de abducciones son principalmente selectivas y el soporte epistémico proporcionado por el conocimiento de fondo permite incrementar la probabilidad, en contraste con causas posibles alternativas. La evaluación y la técnica de eliminación probabilista es un algoritmo que suele emplearse de manera inconsciente en esta clase de abducciones.

Por otra parte, una de las limitaciones de las factuales se da cuando éstas involucran variables ocultas o anónimas en los antecedentes de determinadas leyes causales. En estos casos, dichas variables no están contenidas en las consecuencias implicadas por estas leyes. Así, al instanciarse tales consecuencias, mediante la evidencia observacional disponible, el razonamiento hacia atrás no permite encontrar la variable correspondiente a la causa o razón observable. Por el contrario, en las abducciones más comunes de hechos observables, la hipótesis inferida siempre es confirmada posteriormente mediante la observación directa. Sin embargo, existen patrones abductivos de hechos observables donde la hipótesis abducida no es directamente observada. En tales casos, su confirmación también puede ser tanto directa, como indirecta. Ello significa que dicha inferencia puede chequearse con la ayuda de aparatos, o bien, al observarse (directa o indirectamente) sus consecuencias empíricas y efectos producidos. De una u otra manera se obtiene nueva evidencia a favor, la cual es empleada en futuras instancias confirmatorias y aumenta el estatus epistémico de la conjetura inferida. Un subtipo de estos patrones son las abducciones de hechos históricos, donde la hipótesis abducida no es directamente observada dado que corresponde a un hecho del pasado distante.

Por otro lado, Schurz identifica abducciones factuales que incluyen hechos inobservables. En estos casos, la conjetura inferida podría referirse a un inobservable en principio, o sea, al tratarse de una entidad teórica asociada al modelo del fenómeno bajo investigación. En tales casos, la abducción es conducida por teorías y conocimiento de base, y no por leyes. Según este autor, si el conocimiento de fondo no contiene teorías generales pero sí leyes causales o de implicación, entonces es posible generar conjeturas mediante una retro-inferencia.

Los esquemas abductivos mencionados anteriormente son selectivos y están fuertemente guiados por leyes de implicación. Sin embargo, existen patrones creativos que son conducidos por teorías establecidas, los cuales no forman parte del sentido común humano pero poseen un importante rol en el razonamiento científico. No obstante, los procesos cognitivos involucrados

en estos últimos patrones, permiten la construcción de modelos nuevos. Así, la tarea abductiva consiste en buscar las condiciones iniciales y de contorno que describan, en el lenguaje de la teoría, las causas posibles del fenómeno considerado. Dichas condiciones son expresadas como enunciados fácticos, cuyo contenido semántico hace referencia exclusiva al modelo teórico del fenómeno bajo investigación. En este tipo de patrones abductivos, el problema no consiste en seleccionar una conjetura posible de muchas otras, dado que la teoría restringe el espacio de búsqueda. La cuestión radica en hallar sólo un modelo plausible que permita derivar el fenómeno que se intenta explicar.

Por otra parte, existe otra subclase de aducciones creativas que permite inferir características nuevas de un objeto observado mediante la introducción de conceptos novedosos. Dichas aducciones, de segundo orden, están guiadas por la extrapolación, la analogía, o por la unificación causal. De esta manera, la hipótesis o conjetura abducida se corresponde a nociones que tienen referencia con ciertas propiedades o atributos físicos de un objeto observado. A fin de explicar el fenómeno bajo estudio, estas nuevas propiedades pueden ser extrapoladas a las diferentes escalas de observación del mismo objeto. En aquellos casos donde la conjetura inferida no pueda ser transferida, el nuevo concepto puede relacionarse y combinarse con otras nociones análogas que compartan las mismas características esenciales de la teoría.

Schurz sostiene que la clase más interesante de aducciones creativas es aquella que está guiada en virtud de la unificación de causas comunes y ocultas. Las mismas pueden involucrar un soporte de evidencias correspondientes a un objeto particular, o bien, a un fenómeno que incluye objetos relacionados entre sí y propiedades interconectadas de éstos. La conjetura inferida en el primer caso sugiere que el objeto observado, directa o indirectamente, es un efecto de una hipotética causa (observable o inobservable); mientras que en el segundo caso, las regularidades y correlaciones observadas son efectos de una hipotética causa común, la cual también puede ser observable o no observable. En ambos casos la hipótesis abducida puede introducir una nueva entidad, cuya observabilidad dependerá no sólo del tipo de evidencia disponible sino de sus grados o “pesos epistémicos”, los cuales son sugeridos en las bases de datos observacionales. Curiosamente, este autor sostiene que este tipo de aducciones no presupone características idiosincráticas y ningún conocimiento de base, a excepción de aquel necesario para explicar el fenómeno.

Ejemplo astronómico

Los primeros indicios sobre la posible existencia del gas interestelar surgieron a partir de los resultados observacionales publicados en la *Astrophysical Journal* en 1904 por Johannes Hartmann, quien fuera posteriormente el director del Observatorio de la Plata, en Argentina. Históricamente, la idea que precedió al concepto de *medio interestelar*, introducido por este astrónomo alemán, puede atribuirse a las observaciones llevadas a cabo por William Herschel, más de cien años antes. Este último identificó *nebulosas oscuras* en la Vía Láctea, a las cuales denominó “agujeros en el cielo” [Fig.1].



Fig. 1 Nebulosa oscura en la Vía Láctea: Barnard 68, ubicada en la constelación de Ofiuco.

Él se cuestionaba si estas zonas en la bóveda celeste carecían de estrellas, o bien, si la luz proveniente de las mismas era bloqueada por materia nebulosa. En esa época, la idea de nebulosas oscuras era tan sólo una conjetura que se nutría de las inferencias inductivas realizadas por Herschel. Sin embargo, puede identificarse que el patrón de razonamiento empleado en ese entonces era abductivo del tipo selectivo, ya que éste le permitió realizar su modelo del tamaño y de la estructura de la Vía Láctea. Así, este patrón era conducido por leyes empíricas ampliamente aceptadas: la ley de la uniformidad en la distribución de la materia estelar y la ley de la disminución de los brillos aparentes de las estrellas a medida que aumentan sus distancias.

A principios del siglo XX, Hartmann (1904) encontró evidencia observacional para afirmar que el espacio entre las estrellas no es vacío. Así, el análisis espectroscópico de la estrella doble δ Orionis (Mintaka) revelaba líneas de absorción de calcio ionizado. Gracias al uso de un espectrógrafo de mayor poder resolvente que los disponibles anteriormente, él observó que la absorción de este elemento químico, en una longitud de onda específica, estaba compuesta por tres líneas de absorción. Dos de ellas presentaban desplazamientos Doppler, hacia el rojo y el azul, correspondientes a los movimientos de ambas estrellas alrededor de un centro de masas común. La tercera línea permanecía estacionaria y al no coincidir con la velocidad media de la estrella binaria,

ésta se originaba en un fenómeno no asociado físicamente al sistema en cuestión [Fig. 2]. En esta fase de la investigación puede distinguirse que el patrón de razonamiento abductivo es guiado fuertemente por las teorías astrofísicas, por el conocimiento de base (las leyes de la espectroscopía, etc.) y por los aspectos idiosincráticos de ese momento. Como se notará a continuación, este patrón oscila entre la selectividad-eliminación de causas hipotéticas observables y la creatividad, al introducir una nueva entidad también observable: el medio interestelar.

Julius (1905), quien confirmó al año siguiente la hipótesis abducida por Hartmann con otra estrella binaria (Nova Persei), comenta que este último rechazó la idea de que la tercera línea en cuestión pudiese haber sido causada tanto por la atmósfera terrestre como por el sistema estelar en cuestión. De esta manera, Hartmann elimina estas hipótesis para conjeturar que en algún punto en el espacio, en la línea de la visual, entre el Sol y Orión, existe una nube de vapor de calcio que se mueve a una velocidad de 16 km/h. Al examinar los espectros de las estrellas vecinas, no se obtiene más información sobre la existencia de esta nube de gas.

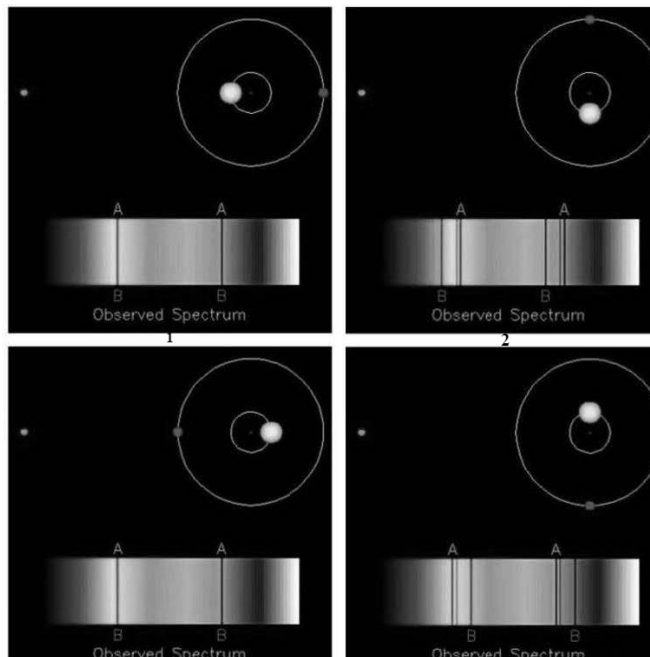


Fig. 2 Análisis espectral de la estrella binaria Mintaka o δ (Delta) Orionis. En las fases 2 y 4 se hace visible la tercera línea espectral, permaneciendo oculta en las fases 1 y 3.

Así, a la luz del soporte evidencial disponible, Hartmann concluyó que esta última línea se debía a la presencia de una nube de gas interestelar y no al gas perteneciente a las capas más externas de las atmósferas de las dos estrellas. No obstante, existía también la presunción de

que dicha línea pudiera ser causada por el gas circumestelar, el cual es arrojado al espacio en la forma de viento estelar. Este último es producido en gran parte por eyecciones de masa coronal y en menor medida por la presión de la radiación electromagnética, o sea, por ciertos efectos de la luz sobre las partículas que conforman el gas ionizado producido en la fotosfera de cada estrella. Sin embargo, la resolución de los instrumentos y las técnicas empleadas por Hartmann le permitieron inferir que la temperatura de la línea espectral estacionaria era menor a aquéllas de las líneas correspondientes al sistema binario. Así, la hipótesis abducida sugería que la causa observable, la cual producía el efecto observado en la tercera línea de absorción, se correspondía a una nube de gas interestelar frío situada entre la Tierra y la estrella doble.

El descubrimiento de Hartmann, del medio interestelar, introdujo una nueva entidad en la astronomía de principios del siglo pasado. Esto abrió las puertas a investigaciones futuras que confirmaron esta hipótesis y que dieron lugar a observaciones de diferentes nubes ubicadas aisladamente a lo largo de la línea de la visual [Fig. 3].

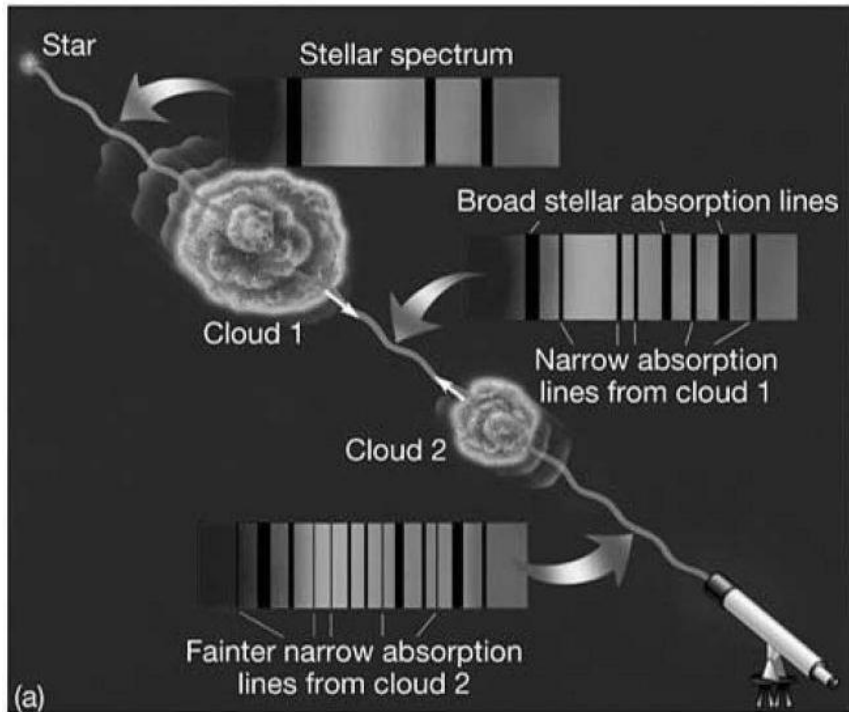


Fig. 4 Líneas de absorción producidas por la presencia de nubes de gas y polvo.

Además, esta noción se enriqueció con el hallazgo de Robert Trumpler (1930), del polvo interestelar a partir de la absorción de la luz proveniente de los cúmulos abiertos de estrellas [Fig. 4].

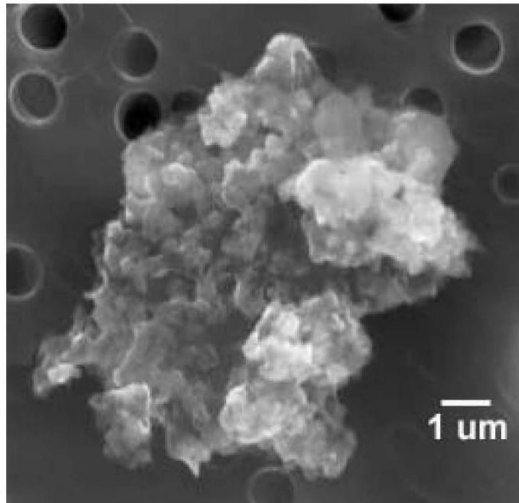
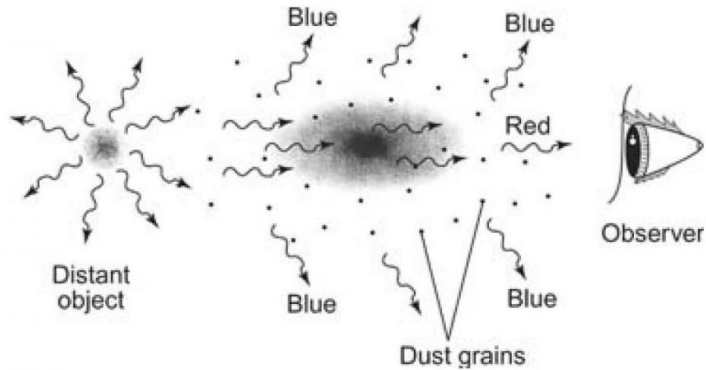


Fig. 4 Enrojecimiento y extinción de la luz al atravesar el polvo interestelar (arriba). Fotografía de una partícula típica de polvo interplanetario de 10 micrones, recolectado en la estratósfera terrestre (abajo).

En esta última etapa de la investigación el patrón abductivo es altamente creativo, siendo fuertemente dirigido en virtud de la unificación causal. A medida que las evidencias disponibles fueron cobrando importancia, el medio interestelar dejó de ser una mera conjetura para convertirse en una hipótesis de relevancia epistémica. Esta entidad dinámica involucra tanto la materia estelar (gas y polvo) y sus diferentes estados, como las fuentes de energía (campos de radiación y campos magnéticos) que intervienen en ella. Asimismo, la

caracterización del medio interestelar resultó ser crucial en las discusiones en torno de la teoría de los universos isla y de los modelos de la Vía Láctea, las cuales desencadenaron el surgimiento de la astronomía extragaláctica.

Conclusión

A partir de este estudio de caso, puede notarse que el patrón inferencial utilizado por Hartmann es abductivo del tipo creativo. Su descubrimiento fue guiado tanto por teorías que le permitieron modelar un fenómeno determinado, como así también por la unificación de causas que le posibilitaron la introducción de un nuevo concepto. Por un lado, además de las teorías astrofísicas de la época, el modelado de la estrella binaria requirió de la búsqueda de condiciones que puedan describir, en el lenguaje del marco teórico, las causas posibles de la evidencia espectroscópica obtenida. Son condiciones iniciales si el sistema estelar es doble o múltiple, la clase espectral de cada estrella, sus masas, temperaturas, luminosidades, etc. Las condiciones de contorno están supeditadas tanto a la presencia de calcio ionizado en las atmósferas de ambas estrellas y en el medio circundante a ellas, como al tipo de movimiento de sus órbitas. Por otra parte, la hipótesis abducida sobre el medio interestelar permitió dar una explicación plausible de la línea estacionaria, estableciendo una hipotética causa común inobservable con líneas espectrales similares de otros objetos, tales como el investigado por Julius.

A diferencia del criterio de clasificación propuesto por Schurz, este ejemplo muestra que existen condiciones que trascienden al modelo del fenómeno observado y se hallan ligadas al diseño de una observación; en particular, a los instrumentos y al escenario observacional. El objetivo de este trabajo consistió en rescatar los dos aspectos epistémicos descuidados por Schurz, al considerarse los roles de la evidencia y de la observación en torno de las prácticas científicas. A partir del ejemplo astronómico tomado en cuenta, se ha mostrado que el mecanismo abductivo está sujeto a la objetividad propia del sistema de observación, permitiendo el paso del soporte evidencial a la hipótesis inferida. No obstante, pese al replanteo que se ha intentado hacer aquí de este criterio, el ejemplo también ha mostrado una metamorfosis considerable de las clases de razonamientos abductivos involucrados. Por esta razón, no resulta nítida una categorización de estos patrones en aquellos estudios de casos que presentan un alto nivel de sofisticación en sus procesos observacionales.

Bibliografia

- HARMAN, G. H. (1965). "The Inference to the Best Explanation". *Philosophical Review*. Vol. 74, pp. 88-95.
- HARTMANN, J. (1904). "Investigations on the Spectrum and Orbit of δ Orionis". *Astrophysical Journal*. Vol. 19, pp. 268-286.
- LIPTON, P. (1991). *Inference to the Best Explanation*. London: Routledge.
- MAGNANI, L. (2001). *Abduction, Reason, and Science*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- SCHURZ, G. (2008). "Patterns of Abduction". *Synthese*. Vol. 164, pp. 201-234.
- TRUMPLER, R. J. (1930). "Absorption of Light in the Galactic System". *Journal of the Astronomical Society of the Pacific*. Vol. 42, No. 248, pp. 214-227.

La delgada línea entre ser o no ser empático

*Patricia Brunsteins**

Introducción

En las últimas décadas, la controversia en torno a la noción de empatía considerada como una capacidad intersubjetiva ha crecido exponencialmente. Gran parte del debate filosófico y psicológico de la empatía gira en torno al tipo de experiencias necesarias para su posesión: afectivas, cognitivas, afectivas-cognitivas, entre otras. Teniendo en cuenta la vasta profusión de resultados de la investigación conceptual y empírica, la noción de empatía podría representarse imaginariamente como una línea extensa cuyos extremos respectivos se corresponden con una noción de empatía afectiva de un lado y con una noción cognitiva del otro siendo integrados los casos de empatía a lo largo de la línea, por factores emotivos y cognitivos, con diferentes intensidades.

En este trabajo me dedico a analizar el caso de la empatía afectiva representada por J. Prinz (2011, 2007). Frente a la multiplicidad de modos de concebir la empatía, Prinz propone una versión afectiva de la misma intentando extraer de ella cualquier talante cognitivo. Intentaré, contrariamente, brindar razones empíricas y conceptuales que sugieren la existencia de factores cognitivos que conformarían la empatía, desestimando de este modo la propuesta prinziiana. Como consecuencia de ello, el último punto de la línea imaginaria de empatía en el extremo afectivo, representado por lo puramente afectivo, no sería representativo de la misma.

El concepto de empatía

La noción de empatía ha estado presente en diversas tradiciones filosóficas y sus apariciones más sistemáticas datan de al menos ciento cincuenta años (Lipps, 1906; Mill, 1854). En la actualidad, la empatía es objeto de estudio por parte de filósofos, psicoanalistas y psicólogos que también poseen una tradición en el estudio de la misma (Goldman, A., 1995; Gordon, R., 1996; Bolognini, S. 2005; Meltzoff, 2005). Asimismo, ha habido una explosión de corte interdisciplinario de investigaciones en el campo de la filosofía de la psicología, la psicología cognitiva, la primatología, la psicología evolucionaria y la neurociencia social que modifica lo que se conoce en torno del fenómeno de la empatía (de Waal, 2003; Decety y Jackson, 2004).

La vastedad y amplitud de las investigaciones, así como su interdisciplinariedad, han producido como un efecto no deseado que el término empatía refiera ambiguamente y hasta de manera inconsistente a diversos fenómenos intersubjetivos (simpatía, angustia personal o compasión). Conceptualmente, este hecho refleja la poca precisión existente respecto de su naturaleza, alcance, funciones y criterios para diferenciarla de otros fenómenos intersubjetivos.

Sin embargo, a pesar del desconcierto reinante en el área, se puede observar una focalización

* Universidad Nacional de Córdoba

de la investigación de la empatía teniendo en cuenta sus aspectos cognitivos, emotivos, y morales y sus niveles de análisis tanto subpersonal¹ como personal. De este modo, adquieren también importancia los estudios neuronales y motores de un lado, y los estudios relativos a su diferenciación respecto de otras capacidades intersubjetivas tales como la imitación, la simpatía, la compasión, la angustia personal, el contagio emocional, la toma de perspectiva, la atribución mental, el altruismo y la cooperación del otro.

Se pueden reunir las diversas concepciones de empatía bajo tres grandes sentidos. Un sentido de empatía estaría representado por quienes la definen bajo un aspecto cognitivo y a la vez afectivo considerándola una habilidad para identificar lo que otro está pensando o sintiendo y para responder a sus pensamientos y sentimientos con una emoción apropiada (Baron-Cohen, 2011). En la misma línea de análisis, puede concebirse como conformada por un afecto compartido entre el yo y el otro, cierta capacidad cognitiva para diferenciar entre la conciencia del yo de la del otro y cierta flexibilidad mental para adoptar la perspectiva subjetiva del otro (Decety y Jackson, 2004-2006).

Para otros investigadores la empatía estaría comprendida solamente por su aspecto cognitivo y es comprendida como la conciencia cognitiva de los estados internos de otra persona como pensamientos, sentimientos e intenciones (Ickes, 1997) o bien como la conciencia cognitiva de los pensamientos, sentimientos, percepciones e intenciones de la otra persona (Deigh, 2011).

En último término, teniendo en cuenta el tercer sentido de empatía, otro grupo de investigadores la concibe sólo desde un punto de vista afectivo: o bien como una reacción afectiva vicaria ante otra persona (Mill, 1756) o bien como un sentimiento de emoción vicaria que es congruente con pero no necesariamente idéntica a la emoción de otro (Barnett y otros, 1987). En la actualidad, Prinz define a la empatía como la emoción vicaria que una persona experimenta cuando se refleja en la emoción del otro (Prinz, 2011).

Cada uno de los modos anteriores de delimitar la noción de empatía atiende a algo más que a un rótulo o a generar un consenso referencial convenido puesto que no es una cuestión meramente estipulativa, ni trivial cómo se la defina. Existe a la base de una noción afectiva o bien cognitiva o integral, un criterio ontológico que apunta a la búsqueda de los procesos psicológicos efectivamente involucrados en las prácticas empáticas y éstos son muy diferentes, según cómo se conciba a la empatía. A modo de ejemplo, en el caso de pensar a la empatía como cognitiva, los procesos psicológicos involucrados no incluirían los procesamientos psicológicos relativos al ámbito emotivo y, contrariamente, no se podrían incluir procesos psicológicos de sesgo cognitivo al describirla como meramente emotiva. El modo en que se conciba la empatía implica un compromiso ontológico acerca de los procesos involucrados y afectaría también el análisis del alcance de su función social.

Empatía afectiva y cómo separar las aguas prinzianas

Como he presentado anteriormente, Prinz define la noción de empatía desde un punto de vista afectivo. Afirma que: “Empathy is a kind of vicarious emotion: it’s feeling what one takes

another person to be feeling². And the “taking” here can be a matter of automatic contagion or the result of a complicated exercise of the imagination”³.

Años después, intenta aclarar su punto de vista diciendo: “Empathy can be characterized as a *vicarious emotion* that one person experiences when reflecting on the emotion of another”⁴ y agrega: “The core idea is that empathy is not the name of a specific emotion but refers, rather, to *the experience of another person’s emotional state*, whatever that emotion might be. More precisely, I will say that empathy is a matter of *feeling an emotion* that we take another person to have.”⁵

Finalmente en otro párrafo se refiere a la empatía del siguiente modo: “...we can think of empathy as a kind of associative inference from observed or imagined expressions of emotion or external conditions that are known from experience to bring emotions about”.⁶

A partir de los textos de Prinz se sigue que concibe a la empatía como una emoción vicaria, como la experiencia del estado emocional de otra persona, o bien una inferencia asociativa, fenómenos no muy parecidos entre sí. ¿Es una emoción vicaria que experimentamos o no es una emoción como dice luego y es una experiencia de una emoción que suponemos posee otra persona? Esa experiencia, ¿es un sentimiento de la emoción de otro? ¿Qué significa que es un tipo de inferencia asociativa? Si es una experiencia de una emoción percibida o imaginada, éstas son vías que no contaminan ni están vinculadas más que como medios con la emoción resultante según Prinz?

A modo de ejemplo: Si empatizamos con una mujer que está teniendo las últimas contracciones para dar a luz, ¿tendríamos la experiencia de una emoción congruente pero no necesariamente idéntica con la que se supone le corresponde a la mujer? O si tenemos empatía por un/a compañero/a de trabajo que sabemos que está en la oficina de gerencia para ser despedido/a en una situación injusta y es el único/a sostén de una familia ¿Tendríamos la misma emoción? ¿Efectuamos algún tipo de inferencia asociativa o es contagio emocional?

Mathers (2012) en “Empathy for Prinz of the ‘dark side’” recupera de la noción de Prinz los siguientes enunciados: que la empatía es diferente de los constructos relacionados, “sentir-con”, preocupación y simpatía, que no refiere a una emoción específica pero sí a un “emparejamiento” de la emoción del objeto al sujeto y tal emoción está presente en el mismo momento en que la empatía tiene lugar en el sujeto siendo el resultado de un proceso automático o imaginativo.

Quisiera considerar que “empatizar en un sentido afectivo” puede interpretarse de dos maneras. Un primer sentido se inscribe en el nivel sub-personal y se atiende a un modo involuntario, automático y apoyándose tanto en la imitación como en la resonancia motora entre el yo y el otro. En esta línea, para muchos investigadores, tal resonancia se explica en parte a través de la activación del sistema de las neuronas espejo y suele concebirse como contagio emocional. En segundo lugar, se puede concebir la empatía desde el punto de vista afectivo, en un nivel personal, al tener la experiencia de la emoción activada en un nivel neuronal. La emoción sentida no siempre es similar a aquella que se supone tiene la persona que es objeto de empatía. Teniendo en cuenta el primer sentido de empatía afectiva, como contagio emocional,

existen una serie de estadios necesarios que describen tal proceso: a- la mímica, b- el *feedback* y c- el contagio. Las personas tienden a imitar automáticamente las expresiones faciales, vocales, las posturas y ciertos comportamientos instrumentales alrededor de ellas. Tienden a sentir un pálido reflejo de las emociones de los otros como consecuencia de tal *feedback*. El resultado de lo anterior es que las personas tienden a captar las emociones de los otros (Hatfield, E., Rapson, R.L., Le, Y.C., 2009). Teniendo en cuenta la distinción anterior y algunos párrafos de Prinz citados anteriormente se podría afirmar que hay cierta inconsistencia en el modo en que Prinz concibe la empatía. En efecto, al intentar dar cuenta de la empatía, Prinz deja claramente sentado que es un fenómeno emotivo. Sin embargo al intentar dar cuenta del mismo pareciera que lo describe de al menos tres modos diferentes: como contagio automático, como experiencia de la emoción de alguien o como inferencia percibida o imaginada y todos esos modos apuntan a concebir a la empatía como procesos psicológicos efectivamente muy diferentes entre sí.

El caso del contagio automático es muy claro a la hora de desestimarlo como candidato a ser el fenómeno empático⁷. Al actuar al nivel subpersonal es imposible asimilar el contagio emocional con la experiencia de una emoción ya que la experiencia corresponde a una descripción en el nivel personal. En aquellos casos que menciona Prinz de empatía como un contagio automático no serían casos de empatía afectiva pues no hay ningún sentimiento que refleje una emoción vicaria, sólo contagio automático.

¿Qué ocurre entonces cuando empatizamos emotivamente con alguien con las otras formas de dar cuenta de la empatía a las que alude Prinz? Mi argumento en este punto se dirige a sostener que la noción de empatía utilizada por Prinz es más que afectiva ya que cuando empatizamos con alguien se producen otros procesos además de los afectivos. A continuación, brindaré al menos tres razones para mostrar que la empatía definida en un sentido afectivo es insuficiente para efectivamente explicar tal fenómeno.

La primera razón se apoya en que la noción de empatía afectiva sería insuficiente para dar cuenta de la empatía desde la perspectiva de la psicología del desarrollo.: Teniendo en cuenta una teoría de las emociones desde la óptica de la psicología del desarrollo (Labouvie-Vief, 2003), las emociones son cualitativamente reestructuradas en la medida en que el individuo que madura adquiere formas más complejas de cognición. La sofisticación cognitiva que surge con la maduración brinda experiencias más diferenciadas de las emociones y un desarrollo de capacidades regulatorias de la emoción también más sofisticadas. A modo de ejemplo, en el caso de la percepción confiable de expresiones faciales, la habilidad para el reconocimiento de las expresiones faciales a través de variaciones en la identidad sólo está presentes a partir de los 5 a 7 meses. A los dos años los niños utilizan términos emotivos para las expresiones faciales. En la medida en que los niños se desarrollan, sus inferencias emocionales contienen información más compleja y diferenciada tales como factores relacionales y contextuales (Decety y Michalska, 2009). Desde una concepción de empatía solamente afectiva, estimo que este tipo de procesos involucrados en el fenómeno de la empatía no podrían explicarse cabalmente.

La segunda razón para comprender a la empatía como más que afectiva apunta a la

existencia de evidencia empírica que sugiere que la misma puede ser modulada por otros factores diferentes de la activación neuronal a partir de la percepción directa, automática y no consciente de las emociones de otra persona, siendo modulada en atención a la intervención de elementos externos al ámbito afectivo. La modulación empática puede concebirse como voluntaria a través de la experiencia y de la práctica (médicos y monjes) utilizando el control que cada uno tiene sobre sus emociones o bien puede ser modulada a través de procesos evaluativos implícitos (de Vignemont y Singer, 2006). En el caso de los procesos evaluativos implícitos, existen ciertos factores que modifican la intensidad de la empatía y por ende a la empatía misma. Los rasgos de las emociones, la relación existente entre empatizador/a y empatizado/a, las características del empatizador (género, edad), las experiencias pasadas y la información contextual modifican la intensidad de la empatía. A modo de ejemplo, existe evidencia empírica que sugiere que la intensidad de la empatía frente al dolor ajeno decrece si el dolor infringido es un medio para su curación a diferencia de un dolor infringido sin justificación alguna (Decety y Lamm, 2009). También varía la intensidad de la empatía en el observador, si la situación en la que está involucrado el que padece de dolor es justa o injusta para el observador. Hay mayor intensidad de empatía en el caso de situaciones injustas (Singer y otros, 2006). En estos casos, parecería que algo más que una mera correspondencia de afectos se requiere para empatizar, porque si fuera ese el caso, no debería haber diferencias entre los casos de sólo correspondencia afectiva entre el ó la empatizador/a y el/la empatizado/a y aquellos casos en los que hubo cierta información adicional por parte del que empatiza.

La tercera razón para no concebir como afectiva solamente a la empatía reside en que no podrían explicarse los casos de empatía mediante el uso de la imaginación. Hay situaciones de empatía en las cuales la percepción del dolor, de la angustia o la alegría del otro no es efectuada directamente sino a través de imaginarnos a nosotros mismos en una situación dada⁸ o experimentando alguna emoción provocada por un personaje del cine o del teatro. También ocurre lo mismo a través de la lectura o de ubicarnos en la situación hipotética de una persona. Este es el segundo caso de empatía contemplado por Prinz. En los casos presentados, si no se apelara a ciertas capacidades cognitivas que conformen el proceso empático mismo, quedarían parcialmente sin explicación. Y si este es el caso, entonces la empatía no sería meramente afectiva tal como propone Prinz.

A partir de las razones expuestas, ciertos factores cognitivos estarían involucrados también en la definición de éste fenómeno no pudiendo ser interpretado como un fenómeno meramente afectivo. Los factores cognitivos que intervienen en el proceso empático son la toma de perspectiva, cierta flexibilidad cognitiva para poder adoptar la perspectiva del otro y la regulación de las emociones. La regulación de las emociones es posible si el individuo puede comprender implícitamente cierta semejanza y diferenciación entre el yo y el otro. Esta habilidad supone poder responder a las demandas de la experiencia con un rango emotivo tolerable y lo suficientemente flexible como para permitir, demorar o inhibir reacciones espontáneas (Decety y Lamm, 2006).

El procesamiento de la información requerido para empatizar es de tipo *bottom-up*, cuando se da cuenta de la emoción “compartida” que es automáticamente activada en el observador a través de los *inputs* perceptuales directos. Se refiere al dominio motor y sensorio-afectivo. Además, se requiere de un procesamiento de la información de tipo *top-down*, ya que las funciones ejecutivas implementadas en ciertas áreas de la corteza cerebral regulan la cognición y la emoción a través de la atención selectiva y la auto-regulación. Hay capacidades de focalización del contexto facilitando la relación intersubjetiva y actualizándose en función de la información *bottom-up*. Es un proceso re-evaluativo.

Reinterpretando a la empatía. Más allá de Prinz

Reinterpretando la empatía en un sentido más amplio que Prinz y volviendo a los ejemplos iniciales, se puede afirmar que al empatizar con la mujer que está dando a luz o con la persona despedida intervienen algunos procesos afectivos, cognitivos y factores contextuales moduladores. En primer lugar, se presentan reacciones automáticas involuntarias, preparación motora, experiencias viscerales a partir de la percepción del dolor (procesamiento de tipo *bottom-up*). En segundo lugar, se presentan experiencias de aprendizaje personal a partir de las características de la persona que empatiza (procesamiento de tipo *top-down* como la atención selectiva y la autoregulación). Asimismo, se presentan e influyen ciertas características contextuales (el parto se está desarrollando normalmente, la mujer está dando a luz bajo una tormenta, sin luz y camino al hospital; a nuestro compañero de trabajo le gritan, es humillado públicamente, está demostrando sufrimiento). Finalmente, es importante la naturaleza de la relación entre el/la que empatiza y la empatizada y características de la persona que empatiza (persona desconocida, amigo, hija, amante del esposo; en el caso de nuestro compañero de trabajo, si es querido o no, necesidad de empleo, situación justa o injusta).

Conclusión

Teniendo en cuenta el criterio ontológico anteriormente propuesto y ciertos factores epistémicos, sociales y contextuales que entran en consideración para que efectivamente haya empatía, no seguiría, como dice Prinz, que la empatía es sólo afectiva. Hay factores cognitivos en la noción de empatía. El caso propuesto por Prinz como contagio automático no cuenta como un caso de empatía y sí como un caso de contagio emocional. En cuanto a los casos de Prinz de empatía como experiencia de la emoción del otro, parece que el autor aceptaría que a veces cuestiones situacionales influyen en la empatía o que por la imaginación podemos empatizar pero no considera esos factores como integrantes del proceso empático. He mostrado tanto empírica como conceptualmente que es imposible sustraer de los aspectos emotivos los procesamientos de información y los factores moduladores epistémicos sin los cuales la experiencia emotiva no tendría lugar y por tanto sería imposible pensar a la empatía como meramente afectiva.

Notas

1. Daniel Dennett en *Content and Consciousness* (1969) ha presentado la distinción personal-subpersonal para referirse a la distinción de corte explicativa relativa a tomar como unidad de análisis explicativo a un agente, un individuo en su totalidad o bien a un sistema particular interno a ese agente.
2. En un intento de presentar de la manera más objetiva los textos de Prinz referidos a la empatía, es que ofrezco al lector las citas en el lenguaje original.
3. Prinz, J. "Is empathy necessary for morality", 2007.
4. Prinz, J. "Against empathy", 2011, pp.214.
5. Prinz, J. "Against empathy", 2011, pp.215.
6. Prinz, J. "Against empathy", 2011, pp.215.
7. Es posible pensar que la empatía a nivel personal se manifieste por una activación de la empatía a nivel sub-personal, de hecho, muchas interpretaciones integrales de la empatía suponen este tipo de explicación por niveles. Si Prinz lo concibe así, aún debería efectuar una diferenciación de niveles y dar cuenta de la noción afectiva de empatía, en un nivel personal.
8. Hay dos tipos de toma de perspectiva que entran en juego en la situación empática: o bien una persona se pone en el lugar del otro siendo el otro o bien una persona se pone en el lugar del otro siendo uno mismo. Hay discusiones sumamente interesantes respecto de este tópico.

Bibliografía

- BARON COHEN (2011). *The Science of evil. On empathy and the origins of cruelty*. Basic Books.
- BOLOGNINI, S. (2004). *La empatía psicoanalítica*. Lumen.
- BRUNSTEINS, P. (2015). "El rol de la empatía en la jurisprudencia desde la óptica de J. Deigh. Un análisis crítico a partir del caso Lilly Ledbetter". *Nuevas Fronteras de Filosofía Práctica*. 4, 3, 15 – 29.
- BRUNSTEINS, P. (2011). "El Rol de la Empatía en la Atribución Mental". *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*, (3) 1,75-84.
- BRUNSTEINS, P. (2010). *La Psicología Folk. Teorías, prácticas y perspectivas*. Ediciones del Signo.
- DECETY, J., Y LAMM, C. (2009). "Empathy versus personal distress: Recent evidence from social neuroscience". En Decety, J. e. Ickes, W. (Eds.). *The social neuroscience of empathy* (pp. 199-213). MIT Press
- DECETY, J. Y MICHALSKA, M. (2009). "Neurodevelopmental changes in the circuits underlying empathy and sympathy from childhood to adulthood". *Developmental Science*, 1-14.
- DECETY, J. Y JACKSON, P. (2004). "The Functional Architecture of Human Empathy". *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, 3, 2, 71-100.
- DEIGH, J. "Empathy, Justice and Jurisprudence", *The Southern Journal of Philosophy*, 2011, vol 49., 73-90.

- DENNETT, D. (1969). *Content and consciousness*, 90-96 Routledge Classics
- DE VIGNEMONT, F, y SINGER, T. (2006). “The empathic brain: How, when and why?” *Trends in Cognitive Sciences*, 10, 435–441.
- DE WAAL, F y TYACK, P. (2003) *Animal Social Complexity: Intelligence, Culture, and Individualized Societies*. Cambridge, Harvard University Press
- GOLDMAN, A. (1995) “Interpretation Psychologized”. En Davies, M y Stone, T., *Folk Psychology: The Theory of Mind Debate*. Blackwell.
- GORDON, R. (1996) “ ‘Radical’ Simulationsim”. En Carruthers, P., *Theory of theories of Mind*, Cambridge University Press.
- HATFIELD, E., RAPSON, RL., LE, YC., (2009). “Emotional Contagion and Empathy, en Decety, J. e Ickes, W. (2009). *The Social Neuroscience of Empathy*, 19-30. MIT Press
- HOFFMAN, M, L. (2000). *Desarrollo moral y empatía*, Idea Books.
- ICKES, W. (1997). *Empathy Accuracy*, Guildford Press.
- LAMM, C. SINGER, T. y otros (2009). “Empathic neural responses are modulated by the perceived fairness of others”. *Nature* 439, 466-469.
- LIPPS, T, (1906). “Einfühlung und Ästhetischer Genuß.” *Die Zukunft* 16: 100-114
- MATHERS, A. (2012). *Empathy for Prinz of the ‘dark side’*. Thesis.
- MELTZOFF, A. (2005) “Imitation and Other Minds: The “like me” Hypothesis” en Hurley, S. y Chater, N.(eds.) *Perspectives on Imitation: From Neuroscience to Social Science*, vol. 2, MIT Press.
- MILL, J.S. (1854). *Diario*. Madrid: Alianza editorial
- PRINZ, J. (2011). “Against Empathy”. *Ethics*, 49, 214-233.
- PRINZ, J. (2007). “Is empathy necessary for morality?” en Goldie, P. y Coplan, A. (eds) *Empathy: Philosophical and Psychological Perspectives*, Oxford University Press.

Del rigor en la ciencia y la inferencia a la mejor explicación

*Juan Ernesto Calderón**

Introducción

Tradicionalmente, la ciencia se entendía como un conocimiento perfectamente fundado. En la formulación aristotélica, la ciencia, a diferente de la experiencia, debía ser un razonamiento por las causas. Para Kant, la física y la matemática eran ciencias porque habían alcanzado el camino seguro y sin retroceso. La aparición de cuestionamientos a la física de Newton y los problemas de fundamentación de la matemática en los siglos XIX y XX pusieron en cuestión esta concepción. Este hecho, sumado a la valorización de la historia en el análisis de la ciencia, llevó a que surgieran posiciones relativistas dentro de las cuales podemos mencionar a los representantes de la llamada 'sociología del conocimiento'. Sin embargo, tanto la idea de una fundamentación absoluta como la del relativismo extremo, se asientan en la misma base: si la fundamentación no es absoluta, no hay ninguna posibilidad de hacer ciencia.

La cuestión es que, más allá de los problemas de fundamentación de la ciencia, difícilmente podamos decir que se trata de una empresa totalmente inconsistente. La ciencia contemporánea permite explicar, predecir y manipular los hechos con un grado de certeza importante. Esta situación obliga a plantear una alternativa que sirva de fundamentación débil de la ciencia. Sobre esta base, los objetivos de la presente contribución son: (1) mostrar la imposibilidad de un fundamento perfecto y del relativismo absoluto; (2) demostrar que la Inferencia a la Mejor Explicación es una salida al problema de la fundamentación de la ciencia. Para esto partimos de la puesta en cuestión de la posibilidad de lograr un rigor absoluto en la ciencia que aparece algunos ejemplos paradigmáticos de la historia de la ciencia de los siglos XIX y XX. Sin embargo, la ciencia nos permite operar con cierto grado de certeza, lo cual nos hace rechazar el relativismo extremo. La ciencia, entendida como creencia débilmente fundada, puede explicarse a través de lo que tradicionalmente se llama 'silogismo dialéctico' (SD). Sobre esta base se desarrollará en la última parte la Inferencia a la Mejor Explicación (IME), la cual es una clase método que se utiliza como regla de paso del SD.

Fundamento perfecto y relativismo

Jorge Luis Borges (1954), en su escrito 'Del rigor en la ciencia', relata el caso de unos geógrafos que pretendieron hacer un mapa igual al territorio. El problema de este intento fue olvidar que la realidad nunca puede ser abarcada totalmente por un mapa. Pero no sólo los geógrafos pretendieron brindar una fundamentación total y perfecta que explicara los hechos sin pérdida alguna. Este ideal ha estado vigente en la filosofía y en la ciencia desde Platón hasta Kant y tiene su forma canónica en Aristóteles. Formalmente se puede expresar de la siguiente manera:

* Universidad Nacional de Cuyo

$$\text{“ } h_{1, sf}, h_{2, sf}, \dots, h_{n, sf} \vdash_{sf} c \text{”}$$

Un fundamento es *perfecto* o *suficiente* (sf), cuando sus premisas son verdaderas y la regla de paso ‘ \vdash ’ es perfecta, e.d. conserva la verdad.” (Roetti, 2012)

El problema básico que explica el fracaso es que los hechos no pueden ser explicados totalmente por la ciencia.

“El ideal tradicional de la ciencia como *epistémee* ha desaparecido prácticamente en sus teorías del conocimiento. Ellas sólo pueden aspirar a ser “buenas conjeturas”, como podríamos decir con sabor popperiano, es decir creencias racionalmente bien fundadas, que en ciertos casos pueden alcanzar el buen fundamento, pero no un fundamento suficiente.” (Roetti, 2012)

Pretender que la ciencia tiene un fundamento perfecto es desconocer su historia. Esto se muestra así porque, tanto en las llamadas ciencias fácticas como en las ciencias formales, tenemos creencias racional bien fundadas, pero no absolutas en el sentido etimológico del término, es decir, liberadas de toda atadura y válidas e independientes de toda restricción. En este sentido es como planteamos este ideal de la ciencia con un fundamento perfecto. Este ideal de ciencia, sin embargo, no está vigente, ni en las llamadas ‘ciencias formales’, ni las llamadas ‘ciencias fácticas’.

Dentro del ámbito de las ciencias formales podemos señalar a las teorías de conjuntos de Zermelo-Fraenkel (ZF) o de von Neumann-Bernays-Gödel (NBG). Las versiones completas de ambas no han sido desarrolladas por lo cual no puede asegurarse que no aparecerán en ellas nuevas antinomias. Hasta el día de hoy nadie ha podido demostrar la consistencia de alguna versión completa de ellas, pero además esto parece imposible debido a su complejidad. Sobre esta base, que estas teorías están inmanentemente bien fundadas y que los desarrollos posteriores pueden “... o bien asegurar su permanencia en esa condición, o producir “un salto cualitativo”, y en ese caso, o bien un salto a la condición de *epistémee*, o bien un salto a la completa falsedad” (Roetti, 2012). Esta situación hace que las ciencias formales aparezcan en una situación devaluada frente a su histórica condición de paradigama de la certeza. Su imagen de ciencia perfectamente fundada es, cuanto menos, cuestionable.

En las ciencias fácticas el principal ejemplo de ciencia fue el de la dinámica clásica y sus extensiones hasta la segunda mitad del siglo diecinueve. En ese momento la dinámica ya no era *epistémee*, pero todavía se consideraba bien fundada, especialmente su ley de gravedad. Pero este “buen fundamento” se desmoronó cuando uno de sus principios, el teorema de adición vectorial de velocidades de Galileo ($\vec{U} = \vec{V} + \vec{W}$) resultó incompatible con invariancia empírica de la velocidad de la luz en el vacío ‘ c ’. Esto llevó al surgimiento de la teoría de la relatividad. A pesar de que la teoría de la relatividad fue criticada desde sus comienzos, tuvo capacidad explicativa y predictiva para volverse, siguiendo la terminología de Kuhn, *ciencia normal*. Sin embargo, hubo divergencias entre algunas predicciones y los resultados experimentales, lo cual lleva a sostener que aun cuando sea preferible la teoría de la relatividad a la teoría clásica, igualmente debemos

reconocer que se trata de una teoría insuficientemente fundada, a pesar de su innegable poder explicativo y predictivo y su valor tecnológico. Otro ejemplo fue el de la mecánica cuántica, iniciada por Max Planck en 1900. La mecánica cuántica tuvo objeciones desde su origen, dados la poca claridad de sus principios que daban lugar a interpretaciones divergentes e incompatibles. Al igual que la teoría de la relatividad, tampoco puede considerarse bien fundadas, en el sentido que dé cuenta de todas sus objeciones, más allá de su indudable utilidad.

La imposibilidad de una fundamentación absoluta de la ciencia, ha llevado a la aparición del llamado ‘relativismo’ (quizá sólo otro de los nombres que ha recibido el escepticismo clásico o pirronismo). Dicho relativismo toma de inspiración en varios casos la los desarrollos de la noción de ‘paradigma’ del primer Kuhn, es decir, de la noción de paradigma que aparece en la primera versión (1962) de *La Estructura*. Por esta razón, esta variante del relativismo está íntimamente ligado al aspecto semántico, en la medida en que el significado depende del paradigma, y al aspecto epistémico, donde la objetividad de la ciencia también está relacionada con el paradigma vigente (Haack, 1996).

Después de la aparición de *La Estructura*, Kuhn recibió una serie de críticas pero también muchos autores se vieron impulsados a ir más allá con algunas de las tesis que el libro sugiere. Tal es el caso de los representantes de la llamada ‘sociología del conocimiento’ que, tomando el giro histórico kuhniano de inspiración, plantean un giro sociológico. Éste defiende un relativismo epistemológico y metodológico extremo, que hace vano el intento de demarcación y le quita cualquier perfil propio a la racionalidad científica. Barry Barnes (1990, p. 60), señala la clave de esta corriente cuando afirma:

“...in different societies different beliefs are accepted and taken for granted as knowledge, and different methods are employed to determine which beliefs deserve so to be accepted. What counts as knowledge in one society, or social context, may count as mere belief in another”

La crítica del relativismo a la posibilidad de lograr cualquier fundamentación perfectamente puede ser respondida con el llamado ‘argumento del no milagro’. Como es ampliamente conocido, el argumento del no milagro, debe su nombre a la afirmación de Hilary Putnam (1975, 73) que dice que “el realismo en la única escuela filosófica que no hace del éxito de la ciencia un milagro”. Así como la historia de la ciencia nos muestra que no hay teorías científicas absolutamente verdaderas (acá se puede aplicar la inducción pesimista de Larry Laudan (1981)), también nos muestra que la ciencia ha logrado éxitos importantes.

Como señalamos más arriba, para la ciencia aristotélica la única forma de ciencia es la que garantiza una fundamentación perfecta lo cual plantea que no existe una fundamentación parcial o imperfecta. Si la fundamentación es imperfecta, entonces estamos en presencia de otro tipo de conocimiento (p. ej. un conocimiento que se obtiene usando la retórica o la dialéctica), pero no de ciencia en sentido estricto. El relativismo asume el mismo punto de partida: si la fundamentación aristotélica es la única que satisface los requerimientos y esta fundamentación no se puede lograr,

entonces no existe fundamentación alguna para la ciencia. Por ello, tanto los que consideran que la ciencia debe ser un conocimiento perfecto como los relativistas radicales caen en la llamada ‘falacia del falso dilema’, porque no reconocen que existen otras posibilidades de fundamentación.

El verdadero dilema aparece, en cambio, cuando se plantea la siguiente cuestión:

“... o defendemos la concepción tradicional de la ciencia empírica como “epistémee” y rechazamos que la física y otras ciencias lo sean, o concedemos científicidad a la física (y a otras ciencias), pero admitimos que la ciencia empírica es algo diferente de lo que pensaban los filósofos, incluso posteriores a Kant, es decir, admitimos que es “pístis” o creencia fundada del mejor modo posible, incluso pocas veces “bien fundada”.”
Roetti, 2012)

La Inferencia a la mejor explicación

Actualmente se acepta llamar ciencia a muchas creencias que no están bien fundadas. Sin embargo, cualquier intento por caracterizar el método de la ciencia, debe cumplir dos requisitos básicos: debe ser ampliativo y tener capacidad de probar el conocimiento. Evidentemente, el carácter ampliativo es esencial si entendemos la ciencia como una actividad que hace progresar nuestro conocimiento. Pero este crecimiento es meramente ilusorio sino tenemos forma de probar este conocimiento.

De acuerdo con Psillos, estos problemas pueden responderse usando la Inferencia a la Mejor Explicación (IME) Esta puede ser resumida de la siguiente manera:

“D es un conjunto de datos (hechos, observaciones)
H explica D (H puede, si es verdadero, explicar D)
Ninguna otra hipótesis puede explicar D tan bien como lo hace H
Luego, H es probablemente verdadera” (Psillos, 2009, 183)

La evaluación que hace la IME implica, en primer lugar, que nunca se trabaja ‘en el vacío’, por llamarlo de alguna manera. Esto significa que siempre es relevante la conexión causal-nomológica entre el *explans* y el *explanandum*, porque no sólo se tiene en cuenta los datos sino también el conocimiento fundamentado disponible (Psillos, 2009, 183-4). Sobre esta base, se entiende por qué la IME permite comparar hipótesis en cuanto a su grado de verosimilitud. Los científicos con su actividad indican cuál hipótesis brinda más posibilidades de desarrollo. Psillos (2009, 184-5) señala seis puntos claves que sirven para establecer cuál es la mejor hipótesis. 1. *Consilience*: si hay dos hipótesis H_1 y H_2 y el “conocimiento relevante fundamentado” favorece H_1 sobre H_2 , a menos que no aparezca algún cambio relevante, H_1 debe ser considerada la mejor explicación. 2. *Completeness*: si existe una sola hipótesis explicativa H que explica todos los datos, a pesar de que aparezcan otras que expliquen parcialmente, H debe ser considerada la mejor. 3. *Importance*: si hay dos hipótesis H_1 y H_2 que no explican la totalidad de los fenómenos relevantes, pero H_1 explica los más salientes, H_1 es la mejor. 4. *Parsimony*: si H_1 y H_2 explican todos los hechos, pero H_1 usa menos asunciones que H_2 , entonces H_1 es la mejor. 5. *Unification*: si H_1 y H_2 son hipótesis compuestas, pero H_1 tiene menos hipótesis auxiliares

que H_2 , H_1 es la mejor. 6. *Precision*: si H_1 ofrece una explicación más precisa del fenómeno, en particular una explicación que articule algunos mecanismos causales-nomológicos a través de los cuales los fenómenos son explicados, H_1 es mejor que H_2 .

Junto con los seis puntos indicados, hay otro elemento clave de la IME que debemos tener en cuenta: la coherencia. La coherencia es la condición básica que debe darse entre el cuerpo de creencias y las evidencias empíricas que permiten establecer la ‘mejor’ explicación. Se puede plantear el problema de que tengamos dos teorías compitentes, H_1 y H_2 , que se repartan los criterios, es decir, que una de las hipótesis es mejor en alguno de los aspectos y la otra mejor en los restantes aspectos. Así, puede darse el caso que H_1 sea superior a H_2 en tres criterios y H_2 en los restantes. Frente a este problema la IME responde que el criterio nunca trabaja ‘en el vacío’, lo cual señala que la elección está relacionada con el estado de situación, donde la comunidad científica decide.

Además, el hecho de que existan varias hipótesis no sólo es saludable desde el punto de vista del conocimiento científico, sino que también es un hecho. Junto con lo anterior, debemos tener en cuenta que la IME no plantea que las teorías sean absolutamente verdaderas. Esta interpretación se fundamenta en la forma en la que la IME toma la noción de verosimilitud (*truth-likeness*), según la cual no hay, ni puede haber una coincidencia perfecta entre las teorías y el mundo (Psillos, 1999, 276). Esta situación obedece a varios motivos. Uno de ellos es que la complejidad de los fenómenos naturales impide que sea representada por las teorías científicas a menos que se introduzcan idealizaciones y simplificaciones. Por ello, “Demandar la verdad exacta en ciencia implica excluir todas las aproximaciones, simplificaciones, idealizaciones, derivaciones aproximadas, orígenes de errores en cálculos y medidas. Incluso cuando esta clase de ciencia fuera posible, no sería la ciencia con la cual estamos familiarizados” (Psillos, 1999, 276). En este sentido conviene mencionar dos ejemplos históricos clásicos de teorías que han admitido la utilización de la abducción en su construcción: la mecánica cuántica de Max Planck y el caso de Albert Einstein cuando en 1910 explicó el comportamiento anómalo del calor específico a bajas temperaturas, lo cual desafiaba a la física clásica (Roetti, 2014, 239).

Según la denominación clásica, la IME está incluida en lo que se llama un ‘silogismo dialéctico’ (SD), expresada formalmente:

“SD: $_{si}h_1, _{si}h_2, \dots, _{si}h_p, \dots, _{si}h_n \vdash \quad _{if}c$

Esta regla tiene las siguientes características:

- (1) Al menos la premisa ‘ $_{if}h_i$ ’ está insuficientemente fundada y por ello es la mínimamente fundada en la clase de las premisas h_1, h_2, \dots, h_n .
- (2) La conclusión ‘ $_{if}c$ ’ está fundada sobre las premisas h_1, h_2, \dots, h_n mediante una regla de fundamento falible, que simbolizamos con ‘ \vdash ’.
- (3) El grado de fundamento de la conclusión $_{if}c$ en SD es insuficiente y, de acuerdo con las reglas de formación, es a lo sumo tan fundada como, y en general menos

fundada que la premisa $\text{if } b_i$.

Un silogismo dialéctico de este tipo no es *falaz*, porque sólo asegura que las premisas fundan faliblemente la conclusión” (Roetti, 2012)

Dada la imposibilidad de lograr una fundamentación perfecta en la ciencia, la IME aparece como una alternativa que puede dar respuesta al problema de la fundamentación de la ciencia. La IME puede servir de fundamento (falible) de las teorías científicas en la medida en que entra en la categoría de SD. Por ello, la IME no es falaz, pero tampoco brinda un fundamento absoluto al conocimiento.

Conclusión

El hecho de que la ciencia no tenga una fundamentación absoluta como señalaba la filosofía desde Aristóteles a Kant, no le quita valor a la empresa científica. La ciencia es la mejor forma que tenemos para entender y enfrentar los problemas. Una vez que se asume esta situación, el desafío aparece en encontrar alguna forma de fundamentación débil que sirva para entender la ciencia contemporánea. La IME, entendida como regla de paso de un SD, entra en escena ya que tiene la posibilidad de servir como fundamento (falible) de las teorías científicas.

Bibliografía

- BARNES, B. (1990). ‘Sociological Theories of Scientific Knowledge’. En: Olby, R. et al (ed.) *Companion to the History of Modern Science*, London and New York: Routledge.
- BORGES, J. L. (1954). Del rigor en la ciencia. En su: *Historia universal de la infamia*. EMECE: Buenos Aires. p.131-132.
- HAACK, S. (1996). ‘Reflections on Relativism: From Momentous Tautology to Seductive Contradiction’. Tomberlin, J. D. (ed.) *Philosophical Perspectives 10: Metaphysics*. Pp. 297-315
- LAUDAN, L.: 1981, ‘A Confutation of Convergent Realism’, *Philosophy of Science*, 48: 19-49
- PUTNAM, H.: 1975, *Mathematics, Matter and Method: Philosophical Papers, volume 1*, Cambridge University Press, London.
- KUHN, TH. (1970). *The Structure of Scientific Revolution*. The University of Chicago Press: Chicago.
- PSILLOS, S. (1999). *Scientific Realism. How science tracks truth*. London and New York: Routledge.
- PSILLOS, S. (2009) *Knowing the Structure of Nature: Essays on Realism and Explanation*, Palgrave Macmillan, London.
- ROETTI, J. (2012). Las formas de la ciencia y la metafísica. En Raúl Milone (ed.) *Ciencia y Metafísica*. Mendoza: Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo. p. 7-17
- ROETTI, J. (2014) *Cuestiones de Fundamento*. Buenos Aires: Academia Nacional de Ciencias.

Anti-esencialismo tecnológico. Una crítica a Friedrich Dessauer desde el pragmatismo de John Dewey y Martin Heidegger

*Emiliano Campoamor**

Introducción

Siempre resulta controversial en Filosofía hablar de avances, por ende considero más pertinente la noción de aporte. El siglo XX ha tenido importantes aportes en Metafísica, aportes que cambiaron rotundamente la forma de pensar el mundo que tenía la tradición filosófica.

Filósofos como Dewey y Heidegger, entre otros, han logrado sin dudas correr al esencialismo de los grandes ejes filosóficos otorgando grandes ventajas a otras formas de pensamiento, sin embargo la fijeza y la seguridad aparente que propone la idea de esencia han logrado colarse en espacios relativamente nuevos como la Filosofía de la Tecnología. Un ejemplo de esta corriente neo-esencialista son las ideas expuestas por Friedrich Dessauer en su texto *La Técnica en su Propia Esfera*.

A pesar de que esto suceda en un ámbito considerado históricamente menor, como lo es el de la Filosofía de la Tecnología, no podemos dejar de notar en los últimos años un gran crecimiento en esta área sustentado en interesantes aportes a otras ramas de la Filosofía. Es por ello que desde la Metafísica si se quiere proteger aquellos revolucionarios aportes del siglo XX no se puede ignorar la amenaza de ningún tipo de esencialismo, ni siquiera aquel que intenta colarse por la ventana.

Por tanto, en este trabajo intentaré, respaldado en los aportes de Dewey y Heidegger, fundamentar por qué la propuesta esencialista de Dessauer no llega a convencer.

Desarrollo

Al adentrarnos en el texto de Dessauer podremos notar que tiene presente la crítica hecha al tronco principal de la filosofía esencialista que más adelante desarrollaremos en este trabajo, porque al empezar su texto aclara que allí no se va a tratar de construir un mundo a partir de conceptos establecidos de antemano. Sin embargo, paradójicamente también nos dice que debemos aproximarnos a la esencia de la técnica para no caer presos del resentimiento que genera una estructura caótica signada por la multiplicidad y la incompletitud. El rechazo de Dessauer a la inseguridad de lo dinámico es patente.

En su trabajo Dessauer desarrollará la tesis que establece que el hombre técnico, el inventor, a medida que va elaborando sus artefactos, sus inventos, se aproxima a un modelo que, permaneciendo en sí mismo invariable, intemporal, es percibido cada vez con más claridad como “absoluto”, o sea, como independiente de lo humano. Tomemos por caso, como hace

* Universidad Nacional de Rio Cuarto

Dessauer, el avión. El hombre en principio abstrae de las aves la capacidad de volar pero allí no nace el avión. Sino que este surge de un proceso histórico en el que diversos prototipos van acercándose cada vez más a la esencia del avión. A dicha esencia finalmente se arriba cuando el artefacto funciona. De esta manera el inventor encuentra la “cosa en sí” en la elaboración interna y en el desarrollo experimental con los que intenta alcanzarla. Las sucesivas ideas de avión, los sucesivos modelos, van aproximándose a la idea absoluta de avión. En síntesis, el inventor abstrae una idea del mundo externo, la va “aggiornando” internamente, ayudado por la construcción de prototipos, hasta que alcanza la esencia cuando uno de esos prototipos finalmente funciona. Diseño y función constituirían la esencia.

Uno puede preguntarse inmediatamente si Dessauer no está exponiendo lo mismo que a lo largo de la historia hemos entendido por idea platónica. Y en principio existe una diferencia. Las ideas platónicas abarcan la totalidad de la existencia, o sea cada objeto, ya sea sensible o abstracto tiene su origen en un objeto ideal. En cambio, estas esencias a las que hace referencia Dessauer sólo están comprendidas en lo que puede crear el hombre que antes no existía. Por ejemplo, el hombre nunca tendría acceso a la esencia de un árbol, o de la belleza, pero sí a la de la rueda, porque por él fue creada. Además existe una diferencia aún más importante: estas ideas absolutas no tienen la misma relevancia ontológica que tenían las ideas platónicas. En Platón, el mundo sensible en su totalidad era una defectuosa copia derivada del perfecto mundo de las Ideas, en Dessauer, estas ideas absolutas sólo conforman una parte de la realidad denominada por él: Cuarto Reino. Este reino es como una especie de receptáculo de formas, preestablecidas y determinadas, de construcciones de la técnica. Según interpreta Dessauer, Kant distinguía tres reinos: el de la ciencia natural, el de la ley moral y el de la estética y los fines; este cuarto y último reino propuesto por Dessauer vendría a sumarse a los otros tres y contemplaría los modelos de la técnica teniendo además una relación directa con el mundo de la ciencia natural, donde a través de los descubrimientos y creaciones del hombre los modelos entrarían desde el cuarto reino al primero.

Hasta aquí una síntesis de la tesis de Dessauer, que como hemos podido ver es una tesis con una relación muy estrecha con el platonismo donde en vez de un demiurgo tenemos al hombre.

Antes de entrar en la parte crítica del trabajo primero creo conveniente hacer un repaso de las ideas más importantes que tienen en común John Dewey y Martin Heidegger para comprender cómo sus aportes servirán luego para oponerme a lo expuesto por Dessauer.

Un primer lugar de encuentro entre Dewey y Heidegger es la crítica que realizan a la tradición de la metafísica. Muchos académicos definirían esta tradición tan solo como el dominio del pensamiento conceptual pero es tanto en Dewey, como en Heidegger, que vemos una gran profundidad y extensión en el análisis y desarrollo de esta crítica. Ambos saben exactamente sobre qué estaban preocupados sus predecesores.

Para Dewey, la idea de un conceptualismo, que conecta el pensar y el conocer con algún

principio o fuerza separada por completo de las cosas físicas, no resiste a la crítica, menos aún luego de haber observado a través de la historia lo que el método experimental ha ido logrando. La mayoría de los filósofos que componen la tradición de la metafísica se han preocupado en cultivar un menosprecio por la acción y el obrar, han tenido como inferiores la zonas en que el empleo de las artes ha dado lugar a efectivas transformaciones, y han reservado honrosamente la cualidad de “lo espiritual” para los cambios en la actitud interior. Según Dewey, la exaltación del intelecto puro y de su actividad por encima de los asuntos prácticos tiene que ver fundamentalmente con la búsqueda de una certeza absoluta e inmovible. Dado que lo que distingue a la actividad práctica es la incertidumbre, esta nunca puede abrigar una seguridad completa. Toda actividad implica un cambio y ello ubica a la *praxis* en las antípodas de lo inmóvil. Por ende los hombres siempre han suspirado por una actividad que no fuera externa, ni tuviera consecuencias exteriores. Una actividad guiada por un intelecto que, según la tradición, pudiera ser capaz de captar el ser universal, un ser fijo e inmutable. Seguridad ante incertidumbre. La desconfianza que el hombre ha sentido por sí mismo lo ha empujado a creer que en el conocimiento puro podría lograr la autotranscendencia.

Los pensadores griegos veían esto claramente: la experiencia sólo puede suministrarnos contingencia. Las conclusiones que la experiencia puede brindarnos son particulares, no universales, y con ello las ciencias naturales de la época del esplendor griego quedaban ubicadas en un rango inferior, debido a que su objeto de estudio era inferior. Sin embargo, y siguiendo a Dewey, la revolución científica del siglo XVIII introdujo una gran modificación. Las ciencias mismas se volcaron a la utilización de métodos deductivos, de manera que ese carácter fijo e inmutable comenzó a ser compartido también por las leyes naturales. Por consiguiente, la vieja tradición filosófica tuvo que trasladar su jurisdicción a los valores espirituales. En ese proceso de mutación, que llevó a cabo la filosofía moderna, adoptó las conclusiones de la ciencia nueva, pero permaneció atada a la idea de que sólo a través del conocimiento de lo fijo e inmutable se puede acceder a la certeza, y por consiguiente continuó manteniendo a la actividad práctica en un rango inferior. El bien, lo real último, sólo puede ser conocido a través de la razón, a través de la “luz natural” del intelecto.

Martin Heidegger no recorre el mismo camino que Dewey pero sí apunta en la misma dirección. Heidegger ataca a la tradición por el tratamiento que esta le ha dado a la temporalidad, nos dirá:

“...lo filosóficamente primario no es la teoría de la formación de los conceptos de la historia, ni la teoría del conocimiento histórico, sino la interpretación del ente propiamente histórico en función de su historicidad.” (Heidegger, 1997:21)

Es a partir de hacer hincapié en esta idea de temporalidad desde donde la crítica heideggeriana pretende hacer mella, así como Dewey, a esa predilección de la tradición filosófica por buscar lo eterno, lo fijo e inmutable, aquello que deja en el olvido a las experiencias más primigenias. La metafísica tradicional encuentra dificultades para concebir determinados conceptos, según

Heidegger, por el hecho de que el concepto del ser en estos enfoques siempre se identifica con la noción de presencia. Heidegger considera insuficientes todos los conceptos y las definiciones tradicionales de tratar de reducir la esencia del hombre, o podríamos atrevernos a decir del Ser, a una cosa. Esta visión queda presa de un modelo de conocimiento básicamente estático y contemplativo. A lo largo de la tradición, el Ser ha quedado comprendido por referencia a un determinado modo del tiempo: el presente. Para Heidegger, ni Kant, quien fue el único que recorrió un trecho hacia la temporalidad logró proyectar algo de luz. Kant siempre quedó atado a la posición ontológica cartesiana: *res cogitans* determinada ontológicamente como ente (*ens*), posición a su vez, heredada de la ontología medieval. Con ello, Heidegger, nos intenta hacer notar que si ni el más radical de los filósofos al momento de tratar con el tiempo logró siquiera acercarse a la problemática de la temporalidad entonces debemos, sin más, emprender una destrucción del contenido tradicional de la ontología. Debemos, por tanto, buscar las experiencias originarias en las que se alcanzaron las primeras determinaciones del Ser. Así como Dewey marcó aquel desapego de la filosofía tradicional por el ámbito práctico del hombre veremos, más adelante, que estas experiencias olvidadas a las que hace referencia Heidegger tienen que ver, también, con la *praxis*. Con todo, la destrucción que propone Heidegger, es una destrucción positiva, no pretende sepultar el pasado. Sino que, dicha destrucción, sirva de marco para replantear la pregunta por el Ser.

Hasta aquí, hemos podido ver que tanto Heidegger, como Dewey, preparan el terreno para sus propuestas filosóficas atacando de lleno a la tradición metafísica. Si bien no recorren el mismo camino, sus destinos se asemejan. Ambos pensadores quieren sacar del foco esa obsesión que se ha mantenido a lo largo de la historia, por lo menos hasta finales del siglo XIX, en tratar de relacionar los conceptos, el conocimiento y hasta la mera concepción de lo que “es” con esencias inmutables, fijas y eternas. Las coincidencias no se quedan sólo en este aspecto de criba filosófica, sino que rasgos principales de sus propuestas también guardan ciertas semejanzas. Semejanzas que luego servirán de fundamento para la parte crítica de este trabajo.

La reflexión filosófica hecha por Dewey no sólo es una crítica a la tradición de la metafísica sino que también posee una propuesta renovadora. Dewey tiene algo que ofrecer para reemplazar aquello que tanto criticó.

Como había remarcado hacia el final de la reseña sobre el ataque de Dewey a la tradición filosófica, el principio del cambio surge cuando la ciencia se separa de la filosofía y comienza a forjar tíbamente el método experimental. Según Dewey toda idea o concepto posee un origen y una condición empírica. Pero ese origen y esa condición refieren a los actos realizados, a las obras, no a la mera recepción de sensaciones. Las cualidades sensibles cobran significación para el conocimiento sólo si están relacionadas con conceptos pero esa relación se establece mediante operaciones. Newton fue uno de los primeros en aplicar este tipo de construcción conceptual; sin embargo, su empeño en mantenerse atado a viejas doctrinas sobre la sustancia lo mantuvo atado

también a la doctrina de las esencias. A pesar de ello, la ciencia como herramienta gnoseológica, buscó el camino de la indiferencia ante las cualidades sensibles inmediatas, y redujo así los objetos directamente experimentados a datos. Estos datos dispararían en nosotros la idea de una operación, de una actividad dirigida, que llevada nuevamente a la práctica devuelve nuevos datos que actualizarían aquella operación original, un ejemplo que da Dewey es el caso del concepto de “longitud”, el tipo de operación que significa comparar un objeto con otro reiteradas veces para conocer su longitud no define sólo una relación entre dos cuerpos sino que termina definiendo un concepto generalizado de “longitud”. Según Dewey, aunque esto haya sido sistematizado por el método experimental en la modernidad, esa concepción de construcción de conocimiento ha venido operando, de forma subrepticia, desde los albores de la humanidad. No es más ni menos que el método de prueba y error. Más aún, las ideas y conceptos no son cualidades intrínsecas de los entes sino las relaciones descubiertas por esas operaciones. Como sostiene Dewey:

“Durante mucho tiempo se supuso que las definiciones no se hacían a base de relaciones sino de ciertas propiedades de cosas antecedentes. Se consideraban el espacio, el tiempo y el movimiento de la física como propiedades inherentes al Ser, en lugar de considerarlas como relaciones abstraídas.” (Dewey, 1952:110)

No es una novedad decir que esta nueva interpretación del mundo ha resultado mucho más fecunda científicamente que la anterior. El último bastión esencialista en la física, que era el concepto de masa, fue derribado por la Teoría Especial de la Relatividad. Al abandonar las sustancias inmutables, que poseen propiedades fijas aisladamente de las interacciones, hay que abandonar también la idea de que la certeza se obtiene apegándose a objetos fijos con caracteres fijos. Así se asimila la certeza teórica a la práctica. Considerar a los conceptos, y al mismo método, como instrumentos y no como entidades ya acabadas permite que estos se encuentren siempre en constante revisión, manteniendo las posibilidades de ser mejorados o actualizados según los fines.

Todo este desarrollo no sólo es válido para los conceptos relacionados con las ciencias naturales. Los conceptos lógicos y matemáticos también se han originado gracias a operaciones abiertas, externas. Su ulterior desarrollo, a niveles más elevados de abstracción, se dio gracias a la utilización de símbolos que abrieron la posibilidad de trabajar con aquellas operaciones originales, ya no como medios para conseguir un objetivo, sino como fines en sí mismos. Dewey lo explica con un ejemplo:

“El espacio matemático no es una clase de espacio distinta del llamado espacio físico y empírico, sino un nombre con que se designan operaciones ideal o formalmente posibles respecto a cosas que poseen cualidades espaciales: no es un modo de Ser, sino una manera de pensar cosas de suerte que las conexiones entre ellas se liberan de la fijación en la experiencia y se hace posible sus implicaciones recíprocas.” (Dewey, 1952:139)

Finalmente no sorprenderá saber que Dewey también aplicó el método a los conceptos e ideas relacionados con los valores éticos y morales. Las concepciones más influyentes

históricamente se apoyan en revelaciones o en alguna vida perfecta que alguien vivió, como también en leyes y reglas transmitidas acríticamente por la tradición y la costumbre. Cuando en realidad eso no ha sido más que la forma de tratar con el mundo en una época particular. El pasado no puede funcionar como único árbitro para un futuro que nos es desconocido. Con todo, mi interés particular no es abordar las implicancias que puede generar este tipo de análisis en el ámbito ético, sino destacar que para Dewey ningún aspecto del conocimiento escapa de conceptualizaciones e idealizaciones devenidas originariamente de la *praxis*.

Si bien John Dewey extrapoló algunas características del método experimental de la ciencia hacia la filosofía, características que en algún punto podemos rastrear, aunque de manera incipiente, hasta Aristóteles, él (Dewey) consideró su aporte como una analogía de la revolución Copernicana. Lo que luego terminó constituyendo un pragmatismo con ribetes instrumentalistas no hundió sus raíces profundamente en la historia de la filosofía. En cambio, en el caso de Martin Heidegger la fuerte influencia aristotélica es patente.

Heidegger contrarresta el impulso metafísico universal con una nueva interpretación de la filosofía práctica de la *Ética a Nicómaco*. Desde esta nueva perspectiva, la filosofía ya no arranca primariamente desde algo más allá de la *praxis* de la existencia humana sino que los razonamientos parten y se sustentan en la experiencia misma de las acciones de la vida. Como vemos, la experiencia como fuente será una coincidencia en Dewey y Heidegger, así como el fin que buscan alcanzar. Las diferencias radicarán en el camino que cada uno elige para alcanzar dicho fin y en las ontologías en las que esos caminos se asientan.

Heidegger retoma de Aristóteles tres modos de comportamiento: *theoria*, *poiesis* y *praxis*. Estos tipos de comportamiento representarán respectivamente tres formas de conocimiento o lo que será más tarde en *Ser y Tiempo* tres modos de custodia del Ser: *epistème*, *téchne* y *phronesis*. Esta apropiación heideggeriana culminará con la correspondencia posterior de estos modos con las determinaciones existenciales de *Ser y Tiempo*: *theoría* y ser-a-la-vista (Vorhandenheit), *poiesis* y ser-a-la-mano (Zuhandenheit), *praxis* y cuidado (Sorge). Sin embargo, Heidegger introduce un cambio radical sobre la filosofía de Aristóteles al invertir la prioridad ontológica de los modos. Jesús Escudero nos dice sobre Heidegger:

“La teoría, proyectada hacia el ideal de la vida contemplativa, ya no es considerada la actitud preferente del hombre. Ahora, la *praxis* se eleva a estructura ontológica fundamental del ser-ahí, mientras que la *poiesis* y la *theoría* son dos modalidades derivadas de una actitud unitaria del ser-ahí que Heidegger llama ‘cuidado’ (Sorge).”
(Escudero, 2001:204)

La *poiesis* y la *praxis* mantendrán una relación muy estrecha en la concepción heideggeriana porque ambas discurren en la esfera práctica del Ser, sin embargo es su objeto el que pondrá a la *praxis*, ontológicamente, por sobre la *poiesis*. Los objetos de la *poiesis* son los artefactos con los que el hombre se relaciona en su cotidianidad, sus útiles, mientras que el objeto de la *praxis* es el más importante: la vida humana. Esto, claramente, guarda una muy cercana relación con

los aspectos sobre la temporalidad que había mencionado anteriormente. Heidegger al alejarse del modo de la presencia y abogar por una temporalidad no estática encuentra en la *praxis* de la vida humana la ambigüedad y contingencia que buscaba.

Podemos ver entonces la preeminencia del aspecto práctico por sobre el teórico, empero, para el presente trabajo no me interesará el modo heideggeriano de la *praxis* sino el modo práctico derivado: la *poiesis*. En *Ser y Tiempo* ya no se hablará de *poiesis* sino de *Zuhandenheit*: ser-a-la-mano. Y este es un modo de “conocimiento”: el trato, de carácter pragmático, en el mundo con el ente intramundano (las cosas) no es el conocer puramente aprehensor, sino el ocuparse que manipula y utiliza. Uno no trata con meras cosas, sino con un útil (Zeug) con una multiplicidad de funciones. Un útil en rigor nunca es algo fijo, siempre es un “para algo”, y va mutando según la forma de uso más adecuada. La relación aquí con Dewey es sorprendente, palabras de Dewey:

“Las cosas percibidas nos sugieren ciertos modos de responder a ellas [operaciones], de tratarlas... ..Con las experiencias de los éxitos y los fracasos [de las operaciones] se mejoraban poco a poco los medios empleados... ..la invención de un instrumento sugería operaciones en las que no se había pensado al inventarlo.” (Dewey, 1952:107)

Nuevamente Heidegger:

“... ese trato que usa y manipula no es ciego sino que tiene su propia manera de ver, que dirige el manejo y le confiere su específica seguridad.” (Heidegger, 1997:78)

Más allá de las diferencias que pueda haber entre Heidegger y Dewey en muchos aspectos, más relacionadas con sus abordajes metafísicos del mundo y no tanto con sus propuestas, he aquí, en estos últimos párrafos las dos ideas que quiero rescatar de ellos y que guardan entre ellas una estrecha relación. Por un lado esa concepción de Heidegger de la versatilidad de los útiles: el útil no *es* sino que es un *para algo*, o sea que el útil está definido circunstancialmente por sus operaciones; y por el otro, la idea de Dewey de que los instrumentos, y en rigor las operaciones, sugieren nuevos horizontes de uso a medida que se los utiliza. Podríamos decir que Heidegger nos proporciona la versatilidad y Dewey el motor de esa versatilidad.

Como hemos visto, las críticas a las concepciones esencialistas resultan claramente pertinentes. Sin embargo Dessauer pareciera eludirlas y colar su concepción dentro del ámbito de la tecnología. Mi trabajo a continuación consistirá en marcar por qué la propuesta de Dessauer no termina de convencer.

En principio, un anacronismo que comete Dessauer es hablar, después de Darwin, de naturaleza y hombre como algo separado. Dessauer nos dice que la naturaleza no ha hecho ni una máquina de coser, ni siquiera ha hecho una rueda. Pero si somos estrictos debemos decir que el hombre es un animal, y como animal es parte de la naturaleza, por lo tanto aquello

que sea producto de la acción humana, como una rueda, será tan natural como el nido de un hornero. Ahora bien, podemos suponer que Dessauer llama “naturaleza” a todo lo de carácter natural a excepción del hombre. Pero aún así bajo estas categorizaciones nos encontramos con problemas. Consideremos grandes desastres naturales de los que ha sido culpable el hombre, consideremos el agujero en la capa de ozono, consideremos el calentamiento global, o la manipulación genética, todas ellas son cuestiones naturales inescindibles de la acción del hombre. Aún si desconociéramos la teoría de Darwin, los límites entre lo natural y el hombre son tan difusos que es imposible ubicarlos en categorías diferentes.

Más allá de esta inviable separación entre el hombre y lo natural podemos comprender que Dessauer intenta decir que no es lo mismo, por caso, un árbol que una locomotora. Un árbol existe independientemente del hombre y nos es imposible acceder a su esencia, no sabemos si fue creado con un fin, ni cuáles son sus funciones específicas, a lo sumo podemos interpretar o suponer pero nunca tendremos certeza. Sin embargo en el caso de una locomotora, según Dessauer, conocemos todo porque fue ideada y creada por hombres, todo lo que una locomotora es nos es conocido. Pero es aquí donde, retomando la idea que extrajimos de Heidegger, podemos ver lo confundido que se encuentra Dessauer. Un útil nunca *es*, siempre es *para algo*. Nunca podremos conocer la esencia, si es que algo así existe, de una locomotora, por más que la hayamos diseñado y la hayamos construido, porque nunca habrá algo fijo en el abanico de funcionalidades de la misma. No discutiré que una locomotora fue diseñada, en principio, para generar movimiento y desplazar vagones pero ese no es su único uso. Una locomotora puede servir también como refugio, puede servir como estructura para un bar, puede ser lanzada y servir como proyectil para destruir un objetivo por más ridículo que esto suene. Lo que intento decir es que una locomotora tiene una infinita posibilidad de usos según las circunstancias en las que se encuentre y que por ello nos resulta imposible encuadrarla en un rango limitado de funciones como supone la idea de una esencia. Dessauer podría objetarme que si bien existen múltiples usos hay sólo uno que es el esencial. Olvidémonos por ahora de la locomotora, tomemos el caso del citrato de sildenafil (viagra). Recordemos la idea de Dewey que nos decía que los instrumentos y las operaciones sugieren nuevos horizontes de usos. El viagra fue inicialmente diseñado para tratar la angina de pecho, sin embargo cuando se comenzó a utilizar notaron que generaba más erecciones de pene que anginas curadas. Su fin, su esencia, varió... pero eso no es algo que debería suceder con las esencias si es que son fijas e inmutables.

Aún con estas objeciones existe un ejemplo que propone Dessauer que todavía podemos rescatar. Aunque en principio deberíamos olvidarnos de que la función a cumplir por el artefacto sea parte de su esencia, sino más bien lo que la determina. O sea, fijemos el fin y habrá uno y sólo un artefacto que cumpla idealmente esa función. No importa que pueda cumplir otras funciones, lo que interesa es que para esa función específica que elegimos, es el ideal. El ejemplo que da Dessauer es el de una bicicleta:

“para una finalidad única, a saber, una bicicleta personal adecuada a cierto tipo de peso carga, para cierto terreno, al precio más bajo posible y que responda a la necesidad

popular, la técnica se ha aproximado a un modelo unitario... ...a medida que se construían de modo más completo, iban acercándose a la solución ideal que sólo es una.”(Dessauer, 2004:426)

En principio podría agregar una variable que Dessauer no contempló y que complicaría la condición de única de dicha solución ideal... ¿esa bicicleta es bella?

Si agregamos la variable estética nos resultará imposible encontrar una solución única porque probablemente exista una solución por cada persona del planeta. Pero otorguémosle una concesión más a Dessauer y separemos lo estético de lo técnico aunque personalmente no esté de acuerdo con esa diferenciación. Aún siguen habiendo problemas. Dessauer tomó como variables las condiciones económicas y las de necesidad popular, y no hay que hacer un desarrollo analítico muy exhaustivo para reconocer que si hay algo que varía constantemente son la economía y la necesidad popular. Entonces si nos atenemos al ejemplo de Dessauer tendríamos, por ejemplo, infinitos modelos ideales de bicicleta según el momento económico que viva la sociedad. Nuevamente lo propuesto por Dessauer no guarda mucha semejanza con la idea de soluciones únicas, fijas e inmutables.

Pese a sus afirmaciones, Dessauer seguramente notó ciertas inconsistencias en su planteo, prueba de ello es que tuvo que recurrir a categorizar un subgrupo dentro de los inventos: los descubrimientos por invención. Dentro de esta categoría entran aquellos inventos a los que el hombre no tiene acceso al diseño previamente dentro de su subjetividad, sino que su invención se da al mismo tiempo que se descubre. Dessauer cita como ejemplos las corrientes eléctricas de alta tensión descubiertas por Nicola Tesla, o los rayos X descubiertos por Wilhelm Röntgen. Estos descubrimientos han llegado a las manos del hombre gracias a su acción deliberada, no existían de forma “silvestre” en la naturaleza, pero estrictamente tampoco han sido creados por el hombre *per se*. Como podemos ver, lo que obliga a Dessauer a hacer esta división entre inventos es lo complicado que le resulta, en ciertos casos, separar al hombre de la naturaleza. Y esto nos lleva finalmente al comienzo de esta parte crítica. El hombre no es una entidad separada del mundo que lo rodea, como así tampoco los objetos con los que se relaciona. El mismo Dessauer lo dice, aunque refiriéndose sólo a esta última subcategoría:

“...en los descubrimientos por invención sólo se tiene la configuración del método; más allá de eso no es creador.” (Dessauer, 2004:441)

El problema de Dessauer es que no ve que todos los inventos materiales pertenecen a esta última categoría que él describe. El hombre no es creador *ex nihilo*, el hombre es manipulador. Todo lo que una rueda o un martillo *es*, ya estaba en la naturaleza, tanto sus elementos como sus relaciones, lo único que hace el hombre es reacomodarlos con un fin y una utilidad circunstanciales.

Conclusión

Como hemos visto, el esencialismo, luego de las críticas de Dewey y Heidegger no parece salir muy airoso. Las posiciones presentadas en contra del mismo lo evidenciaron, a mí criterio,

argumentativamente insostenible. Sin embargo, Dessauer, contemporáneo y consciente de estas críticas (eso parece presumirse de su texto) intenta resguardarlo en la esfera de la técnica. A lo largo del desarrollo de este trabajo decidí rescatar dos ideas, por un lado, a partir de Dewey, el concepto de que toda operación sugiere nuevas operaciones; y por el otro lado, el concepto heideggeriano de que un útil nunca “es” sino que siempre es un “para algo”. Basándome en estas dos ideas me propuse argumentar que ni siquiera allí donde Dessauer intentó resguardar al esencialismo, en la esfera de la técnica, este tiene cabida. Estas visiones neo-esencialistas, no sólo que tratan de mantener la idea de esencia vigente y todas las deficiencias conceptuales que, como hemos visto, ello conlleva, sino que siguen bogando por tratar de comprender a la realidad de una forma parcelada. Algo que hoy resulta un anacronismo. La realidad se nos ha mostrado mucho más compleja de lo que la tradición la suponía y estas concepciones ya no resultan útiles, peor aún, actúan de lastre. Si bien aquí se orientó la crítica hacia el dominio de la técnica, es claro que la discusión de fondo es metafísica, aquí se ha opuesto al esencialismo una visión pragmatista del mundo. Finalmente, un terreno fértil en donde las ideas de Dessauer abonaron el crecimiento de ciertas concepciones se dio en la ética de los artefactos, allí el esencialismo permitió suponer una postura que consideraba a los artefactos como poseedores de una moral inherente. Si bien aquí no se abordó esa temática, considero que este trabajo otorga una base para una discusión futura de esa posición.

Bibliografía

- DESSAUER, F. (2004). La técnica en su propia esfera. En Mitcham, C.; Mackey, R., *Filosofía y tecnología. Edición española de Ignacio Quintanilla Navarro* (pp. 416-451). Madrid: Encuentro.
- DEWEY, J. (1952). *La busca de la certeza* (prólogo y versión española de Eugenio Imaz). México D. F.: Fondo de Cultura Económica.
- ESCUADERO, J. A. (2001) El joven Heidegger. Asimilación y radicalización de la filosofía práctica de Aristóteles. *LOGOS, Anales del seminario de Metafísica*, Vol. 3, 179-221.
- HEIDEGGER, M. (1997). *Ser y Tiempo* (trad. Jorge Eduardo Rivera C.) Santiago: Editorial Universitaria.

La influencia de David Hume en la *Historia de la Astronomía* de Adam Smith

Gonzalo Carrión*

Introducción

Si bien el nombre de Adam Smith aparece habitualmente vinculado con la historia del pensamiento económico, importa destacar y rescatar sus contribuciones en otras de sus muchas áreas de interés, entre las que figuran la ética, la política, la estética y la retórica. Esta tarea no sólo tiene como objetivo brindar un panorama más amplio sobre la obra de uno de los pensadores más influyentes del siglo XVIII, sino que permite, a la vez, lograr una comprensión más acabada de sus desarrollos puntuales en el ámbito de la economía. Desarrollos que, todavía hoy son fuente de discusión e inspiración en el devenir de la ciencia económica.

A partir de dicha perspectiva general, el presente trabajo se enfocará en el estudio de uno de los escritos tempranos de Smith, habitualmente conocido como “Historia de la Astronomía”, publicado póstumamente en la compilación titulada *Ensayos Filosóficos*.

En esta obra se encuentra la exposición más detallada sobre la comprensión smithiana del origen y desarrollo del conocimiento científico-filosófico, ilustrado a través de la historia de la astronomía, de modo tal que se convierte en un texto sumamente relevante para entender algunas nociones gnoseológicas y epistemológicas supuestas por el autor en obras posteriores, además de su concepción acerca de la dinámica por la cual las teorías científicas se generan, se aceptan generalmente y, llegado el caso, se sustituyen por otras.

Ahora bien, en este ensayo Smith recurre a fundamentar dichas nociones gnoseológico-epistemológicas en una antropología mediante la cual esboza un cuadro sobre las posibilidades y límites de las facultades humanas vinculadas con el conocimiento científico-filosófico. En este sentido, cabe interpretar el pensamiento smithiano en el marco de la exhortación hecha por David Hume en el *Tratado de la Naturaleza Humana* acerca de la necesidad de basar toda ciencia en un estudio acabado sobre la naturaleza humana.

Ciertamente dista de ser novedad decir que Hume ejerció una fuerte influencia en Smith, no obstante, existen diversas interpretaciones en torno a los alcances de dicha influencia (*u. gr.*, en términos generales: Griswold, 1999; Taylor, 1965; Teichgraber, 1986; y para el caso particular de la “Historia de la Astronomía”: Schliesser, 2010; Pack, 1995). En este trabajo se intentará realizar un aporte en dicho sentido, centrándose para ello en el estudio de la relación entre la facultad de la imaginación y las pasiones humanas como condición de posibilidad del conocimiento científico-filosófico. Trataremos de mostrar que Smith sigue a Hume no sólo en su intento de fundamentación antropológica del conocimiento, sino también en una

* Universidad Nacional de Villa María (CONICET)

característica importante de tal fundamentación: la relevancia que adquiere la facultad de la imaginación para la comprensión del conocimiento humano y, por tanto, para entender la génesis, posibilidades y límites de las teorías científico-filosóficas.

De esta manera, el trabajo se estructurará en dos partes. En la primera, se sintetizarán algunas de las ideas centrales sobre la imaginación expuestas por Hume, principalmente en el *Tratado de la Naturaleza Humana* para, en una segunda parte, establecer las relaciones entre tales ideas y las nociones smithianas acerca de la función de la imaginación en la “Historia de la Astronomía”.

La imaginación en el *Tratado de la Naturaleza Humana* de David Hume

En el núcleo de la filosofía humeana se halla la cuestión antropológica, ya que todo tipo de saber se relaciona de alguna manera con el hombre: sea considerado como objeto conocido o como sujeto cognoscente. Por tanto, para establecer los fundamentos de las diversas ciencias, primeramente deberá estudiarse la propia naturaleza humana, analizando las posibilidades y límites de sus capacidades (*THN* 4/35, *EHU* I, 12)¹.

Según Hume, el ser humano puede tener dos tipos de percepciones, *impresiones* e *ideas*. Dentro de las impresiones se encuentran las sensaciones, las pasiones y las emociones. Estas son las primeras percepciones que aparecen en el alma y se dividen, a su vez, en impresiones de *sensación*, las cuales son producidas por causas desconocidas; e impresiones de *reflexión*, que son causadas por ideas.

Impresiones e ideas pueden clasificarse, además, en *simples* y *complejas*. A diferencia de las segundas, las primeras no permiten distinción o separación alguna, pero se relacionan de manera tal que las ideas simples se corresponden siempre con las impresiones simples (*THN* 1.1.1.7/47). Las ideas son, pues, imágenes o *copias* de las impresiones y la diferencia fundamental entre ellas radica en sus diversas intensidades.

Sabemos por experiencia que una impresión presente puede volver a ser considerada en otro momento en forma de idea, *i.e.*, de manera menos intensa. Esto ocurre gracias a la acción de dos facultades humanas: la *memoria* y la *imaginación*. La memoria está obligada a mantener el orden y la forma de las primeras impresiones, razón por la cual nos presenta ideas cuya vivacidad es menor que aquéllas, pero mayor que la de las ideas conservadas por la imaginación (*THN* 1.1.3.3/53). De aquí deriva Hume una de las principales características de la facultad imaginativa, y, a su vez, uno de los principios centrales de su filosofía del conocimiento: “*la libertad de la imaginación para trastocar y alterar el orden de sus ideas*” (*THN* 1.1.3.4/53), al ser capaz de separar y modificar el orden de las ideas.

Así como la imaginación puede distinguir y separar ideas, puede también unir las “en la forma que le plazca”. Pero la regularidad con la que diferentes ideas simples se unen para formar las mismas ideas complejas sugiere que esta operación no responde al mero azar. Debe existir “alguna cualidad asociativa por la que una idea lleva naturalmente a otra” (*THN* 1.1.4.1/54). Ahora bien, dada la declarada libertad de la imaginación, ¿cómo concebir tal principio unificador? A esto Hume responde: “tenemos que mirarlo como una fuerza suave,

que normalmente prevalece y es causa, entre otras cosas, de que convengan tanto los lenguajes entre sí; la naturaleza ha indicado de algún modo a todo el mundo las ideas simples que son más aptas para unirse en una idea compleja” (THN 1.1.4.1/54-55).

Tres son esas cualidades o *relaciones naturales* por las que la imaginación pasa de una idea a otra: semejanza, contigüidad en espacio y tiempo, y causalidad (THN 1.1.4.1/55, EHU III, 2). Estas características generan un tipo de *gravitación mental*: “Hay aquí una especie de ATRACCIÓN, que se encontrará tiene en el mundo mental efectos tan extraordinarios como en el natural, y que se revela en formas tan múltiples como variadas” (THN 1.1.4.6/57).

El principio de asociación de ideas mediante la imaginación será otro de los elementos claves de la gnoseología humeana puesto que le permitirá traducir los problemas fundamentales de la filosofía desde la perspectiva de conexiones (siempre contingentes) de ideas en la imaginación más que deducciones necesarias de la razón. De allí que a juicio del mismo Hume, la originalidad de su filosofía radica en el uso del principio de asociación como “cemento del universo” para los seres humanos (Hume, 1999: 153-155). En efecto, como es bien sabido, desde este enfoque imaginativo, Hume criticará nociones filosóficas tan importantes como las de: idea general, sustancia, causalidad y existencia externa.

Ahora bien, difícilmente se pueda dar cuenta del espectro filosófico, incluso gnoseológico, abarcado por la imaginación si no se la vincula con las pasiones. En tal sentido, debe recordarse la siguiente afirmación de Hume: “Creo que puede establecerse con certeza, como máxima general, que no aparece ante los sentidos objeto alguno, ni se forma imagen en la fantasía, que no estén acompañados de alguna emoción o movimiento correspondiente por parte de los espíritus animales” (THN 2.2.8.4/509).

Esta máxima sintetiza otra de las ideas que está en la base de la filosofía humeana, pero cuyas repercusiones últimas suelen perderse de vista. Toda percepción, impresión (de los sentidos) o idea (imagen de la imaginación), al aparecer en el ser humano produce una afección correlativa, *i.e.*, un *movimiento*. Por tanto, las percepciones no sólo poseen un carácter cognitivo sino también motivacional, de modo que conocimiento y emociones se co-implican mediante sus vínculos imaginativos. Así, sostiene Hume:

“Esta transición fácil o difícil de la imaginación actúa sobre las pasiones facilitando o dificultando su transición, lo que constituye una clara prueba de que estas dos facultades: las pasiones y la imaginación, están mutuamente conectadas, así como que las relaciones de ideas tienen influencia sobre las afecciones. Aparte de los innumerables experimentos que prueban lo anterior, vemos también que, aun cuando se conserve la relación, si por alguna circunstancia particular su efecto habitual sobre la fantasía se ve obstaculizado –efecto consistente en producir una asociación o transición de ideas– entonces se ve obstaculizado de modo análogo su efecto habitual sobre las pasiones, consistente en hacernos pasar de una a otra.” (THN 2.2.2.16/469-470)

De todo lo anterior puede concluirse que para Hume la imaginación y las pasiones se relacionan de múltiples maneras mediante las relaciones naturales, de modo tal que, mediante

la asociación de ideas —y también de impresiones— la imaginación puede producir pasiones o modificar su gradación. Similarmente, las pasiones actúan sobre la imaginación produciendo ciertas tendencias en el paso de una idea a otra y modificando la manera en que éstas se relacionan, lo que impacta de lleno en las posibilidades cognoscitivas del ser humano.

A continuación se verá de qué manera Smith parece apropiarse y desarrollar los principios gnoseológico-antropológicos humeanos indicados.

La imaginación en la *Historia de la Astronomía de Adam Smith*

El ensayo de Smith sobre historia de la astronomía², comienza distinguiendo y describiendo tres sentimientos: el *asombro* causado por lo nuevo y singular, la *sorpresa* ante lo inesperado y la *admiración* producida por lo grandioso o hermoso (*HA* 33 §1/43)³; e inmediatamente se pone de manifiesto el objetivo del escrito: “considerar en profundidad la naturaleza y causas de cada uno de estos sentimientos, cuya influencia es mucho más amplia de lo que un análisis descuidado podría hacernos imaginar” (*HA* 34 §7/45). De esta manera queda claro, ya desde el inicio del opúsculo, y en línea con las ideas humeanas, que Smith plantea su estudio aceptando una estrecha relación entre emociones y principios epistémicos.

En efecto, tanto para Smith como para Hume, toda idea de un objeto produce una pasión cuya intensidad correspondiente resulta directamente proporcional al grado de habitualidad de la mente en la concepción del objeto. Así, cuando la mente está habituada a concebir un objeto, “la emoción o pasión a que da lugar se desliza hacia el corazón de forma gradual y sencilla, sin violencia, dolor o dificultad” (*HA* 34 I.1/45). Pero cuando el objeto es inesperado sobreviene el sentimiento de sorpresa (*HA* 34 I.2/46).

Asimismo, Smith sostiene que la mente siente placer cuando encuentra semejanzas entre objetos diferentes, por lo que tiende a unificar multiplicidad de objetos según alguna cualidad común y a colocarles un nombre, siendo éste el origen de las ideas de género y especie y de los términos abstractos y generales (*HA* 37 II.1/49). Pero cuando aparece una cosa nueva, al no poder relacionarla con otra, sentimos asombro. Puede decirse que existe aquí una relación de proporcionalidad: a mayor semejanza de ideas, menor asombro (*HA* 39 II.3/50). Análogamente, este sentimiento puede ser causado por la alteración de una sucesión constante de objetos que ha generado cierta habitualidad en la mente (*HA* 40-41 II.7/52).

Ahora bien, tanto el asombro como la sorpresa surgen a partir de la percepción imaginativa de una brecha entre ideas. Para contrarrestar los efectos de displacer⁴ que estos sentimientos producen, la imaginación misma tiende a construir un “puente” entre los objetos que parecen irreconciliables.

De manera similar a lo sostenido por Hume en el famoso pasaje donde recomienda la subordinación de la razón a las pasiones (*THN* 2.3.3.4/561), Smith afirma que la filosofía, en cuanto “ciencia de los principios conectivos de la naturaleza”, tiene como objetivo primordial “apaciguar el tumulto de la imaginación [causado por el caos fenoménico] y restaurar en ella el tono de tranquilidad y compostura que le es al tiempo más grato de por sí y más conforme a su

naturaleza” (HA 45-46 II.12/57). Por ello deja de lado el problema de la veracidad de los sistemas explicativos para explicar la génesis y sucesión de teorías en la historia de la astronomía, y utiliza como criterio de juicio la capacidad de cada hipótesis para lograr el reposo de la imaginación:

“Examinemos, entonces, los diferentes sistemas de la naturaleza que [...] han sido adoptados sucesivamente por las personas sabias e ingeniosas; y, sin considerar su absurdo o verosimilitud, su acuerdo o incompatibilidad con la verdad y la realidad, estudiémoslo sólo desde el enfoque particular que corresponde a nuestro tema, y limitémonos a investigar el grado en que cada uno de ellos estaba preparado para aliviar la imaginación, para transformar el teatro del mundo en un espectáculo más coherente y por ello más magnífico de lo que podría haber parecido en otro caso. Según lo hayan conseguido o no, habrán sistemáticamente logrado reputación y reconocimiento para sus autores o no; y se verá que ésta es la clave que mejor puede conducirnos a través de todos los laberintos de la historia filosófica; al tiempo sirve para confirmar lo que ha sucedido antes y arrojar luz sobre lo que puede venir después; y podemos observar en general que no hay sistema, por mejor fundamentado que haya estado en otros aspectos, que haya podido cosechar un crédito amplio en el mundo si sus principios conectivos no resultaban familiares a toda la humanidad.” (HA 46 II.12/57-58)

Este pasaje resulta clave para comprender el objetivo y el enfoque del ensayo. En primer lugar, Smith expresa la preeminencia de la acción de la imaginación por sobre la razón como factor explicativo de la construcción y desarrollo de sistemas científico-filosóficos. En segundo lugar, señala las condiciones necesarias que dichos sistemas deben cumplir para ser adoptados por la humanidad, cuales son, en principio, la unificación coherente de fenómenos y la familiaridad de los principios explicativos. Con ello, en tercer lugar, destaca el elemento emocional presente en dicha aceptación. En efecto, con marcado realismo Smith viene a decir que el reemplazo de un sistema por otro no se debe a un mero razonamiento utilitarista, sino que ocurre ante todo gracias a la sensación placentera que genera el nuevo escenario, con mayores niveles de semejanza y contigüidad entre ideas.

Desde esta perspectiva Smith comienza su exposición histórica por el sistema de las esferas concéntricas según la escuela italiana, Aristóteles, Eudoxio y Calipo, mostrando el devenir de las teorías astronómicas como sucesivas superaciones ante confrontaciones empíricas. Los primeros sistemas, afirma, lograron calmar en algún grado el sosiego de la imaginación por conectar por vez primera fenómenos que parecían totalmente inconexos. Pero en cuanto se incrementó el número de observaciones y aparecieron nuevos fenómenos que el sistema no podía explicar, la imaginación tendió, primeramente, a modificar el sistema al que estaba habituada para incorporar los nuevos fenómenos y volver a su estado de tranquilidad. Ahora bien, para extender el poder explicativo de una teoría se puede aumentar la cantidad de principios explicativos, pero con esto se pierde en simplicidad y se corre el riesgo de volver al sistema tan complejo como el cúmulo de fenómenos que intenta explicar. Esto anuncia el agotamiento total de un sistema y predispone a la imaginación para abandonarlo y elaborar uno nuevo. Precisamente eso fue lo que ocurrió, según Smith, con el pasaje del sistema de las esferas concéntricas al de las esferas

excéntricas y los epiciclos perfeccionado por Ptolomeo (*HA* 58 IV.8/69).

Aunque el sistema ptolemaico continuaba siendo demasiado intrincado ante la necesidad natural de reposo de la imaginación, continuó en boga hasta que su complejidad y errores de predicción llevaron a su modificación. Esto motivó a Copérnico para elaborar su sistema heliocéntrico con inclinación del eje terrestre. Este nuevo sistema cumplía con las condiciones necesarias para sustituir a los anteriores: economía de principios, mayor coherencia, e incluso superioridad estética (*HA* 74 IV.32/83). Pero la aceptación del sistema de Copérnico implicaba echar por tierra ideas con las que la imaginación de los hombres estaba totalmente habituada, sea por prejuicios naturales o por la educación, tales como la necesidad de regularidad en los movimientos de los astros o la inmovilidad de la Tierra (*HA* 77-78 IV.38/85-86). Dice Smith:

“No fueron sólo la belleza y sencillez de este sistema las que lo recomendaron a la imaginación; lo nuevo e inesperado del enfoque de la naturaleza que abrió ante la imaginación despertaron más admiración y sorpresa que la más extraña de las apariencias, para cuya transformación en algo natural y familiar había sido inventado, y estos sentimientos lo volvieron aún más apreciado. Porque aunque el fin de la filosofía es aquietar ese pasmo suscitado por las apariencias inusuales o dislocadas de la naturaleza, ella nunca triunfa tanto como cuando, para conectar unos pocos objetos, quizás insignificantes en sí mismos, crea, por así decirlo, otra constitución de las cosas, más natural, que la imaginación puede seguir con mayor facilidad, pero más nueva y más opuesta a las opiniones y expectativas comunes que ninguna de esas mismas apariencias” (*HA* 75 IV.33/83-84).

Además de las características de “belleza y sencillez” intrínsecas a la teoría, el elemento emocional de admiración y sorpresa aportado por una nueva imagen de mundo, imprime el impulso necesario para que la imaginación se aferre al sistema. De esta manera, la suma de los efectos de: 1) la economía de principios explicativos que reduce el esfuerzo de la imaginación para seguir las conexiones entre objetos, 2) la novedad de la teoría y 3) su grado de oposición a las teorías anteriores; determinan, en última instancia, la adopción de un sistema científico-filosófico.

Sin embargo, para eliminar la objeción más fuerte planteada a Copérnico, *i.e.*, la apelación empírica del sentido común contra su hipótesis del desplazamiento de la Tierra, se debió esperar hasta los esfuerzos de Galileo para explicar y demostrar la composición del movimiento “tanto por la razón como por la experiencia”, de manera que mediante la acumulación de ejemplos lograra familiarizar a la imaginación con tal noción (*HA* 83 IV.44/91).

Képler, por su parte, ayudó a liberar a la imaginación de los prejuicios sobre la circularidad y movimiento constante de las órbitas planetarias, proponiendo un sistema de órbitas elípticas y velocidades variables. Y aunque el sistema kepleriano fuera demasiado intrincado para lograr el reposo de la imaginación (*HA* 89 IV 56/96-97), mediante su ley de aceleración de los astros había logrado satisfacer una tendencia intrínseca a la naturaleza humana: amor a la analogía (*HA* 90-91 IV 58/98).

Pero para que el sistema heliocéntrico fuera adoptado sin reservas, la imaginación debía

acostumbrarse a la idea de que los planetas se desplazan a enormes velocidades. A propósito Kepler supuso la existencia de una virtud inmaterial emanada por el Sol gracias a la cual los planetas circundantes se mantenían en movimiento permanente. Sin embargo, dice Smith, “La imaginación carecía de control sobre esta virtud inmaterial y era incapaz de formarse una idea clara de en qué consistía” (HA 91-92 IV 60/98-99). Esta dificultad llevó a Descartes a postular su teoría del *plenum*: un universo lleno de materia en el que los planetas estarían flotando; y logró apaciguar en algún grado a la imaginación al hallar una analogía fácil de seguir, como el movimiento de fluidos.

El sistema cartesiano tenía la ventaja de unificar una cantidad de fenómenos tan grande como ninguna otra hipótesis lo había hecho antes, puesto que se valía de los principios conectivos más claros y determinados (HA 96 IV 65/103). Sin embargo, con el transcurso del tiempo la insatisfacción hacia el cartesianismo fue creciendo y los científicos comenzaron a buscar otros principios explicativos. Aparece entonces la figura de Isaac Newton.

Smith no escatima palabras de elogio hacia Newton (HA 98 IV 67/105), puesto que su sistema representa el paradigma explicativo a través del cual la imaginación encuentra pleno reposo y satisfacción. Sintetizando los pensamientos del escocés, podría decirse que este sistema posee las siguientes cualidades (HA 104 IV 76/111):

(i) Respeta, como ningún otro, el principio de economía: un solo principio –el de la gravedad– basta para conectar todos los movimientos planetarios,

(ii) Tal principio es *concreto* y *determinado*, además de resultar sumamente *familiar* a los hombres,

(iii) El sistema recibe una fuerte corroboración empírica,

(iv) Su poder explicativo va más allá de los sistemas anteriores, a punto tal de incorporar el movimiento de los cometas, cosa que nunca antes se había logrado,

(v) Continúa manteniendo una perfecta coherencia intrínseca.

El conjunto de esas cualidades brindan tal solidez al sistema newtoniano que para Smith puede desafiar cualquier postura escéptica, incluso su propio intento de presentar la sucesión de sistemas científico-filosóficos como constructos para calmar a la imaginación (HA 105 IV 76/112). Asimismo, es claro el paralelismo entre este listado y las reglas humeanas para juzgar acerca de causas y efectos (THN 1.3.15.3-10/258-259/173-174). Pero lo más interesante en este punto es que dichas reglas son aplicadas para dar cuenta de la misma dinámica evolutiva de la ciencia, la cual, como se ha visto, desde la perspectiva smithiana (y también humeana) no puede comprenderse como un proceso/progreso lineal exclusivamente determinado por la eficiencia racional de las teorías, sino que depende en gran medida de factores emocionales vinculados al funcionamiento de la imaginación.

A modo de conclusión

En este trabajo se ha intentado poner de manifiesto un canal de influencia entre las obras de David Hume y Adam Smith relativamente poco estudiado. Se ha mostrado que el giro

antropológico propuesto por Hume desde el inicio de sus reflexiones filosóficas conlleva una revalorización del papel de la facultad de la imaginación en el conocimiento que va de la mano con un reconocimiento de los efectos cognitivos de las emociones. En este sentido, se ha argumentado que, en contraposición al racionalismo continental, la novedad de la filosofía humeana radica en la utilización de los principios asociacionistas mediante la acción de la imaginación y, con ello, la aceptación de una influencia bi-direccional entre emociones e ideas en cuanto percepciones diversas según su intensidad y no según su naturaleza.

De acuerdo con estas nociones, la “Historia de la Astronomía” de Adam Smith no sólo da preeminencia a las emociones en la génesis motivacional de los sistemas explicativos, sino que también apela a la imaginación como facultad cognitiva fundamental en la creación de vínculos (“puentes”) conectivos entre fenómenos, es decir, en la construcción de hipótesis explicativas, con el fin primordial de calmar el desasosiego que siente la misma imaginación ante la captación de brechas entre objetos. De este modo puede decirse que, para ambos autores, la imaginación es una pieza clave en el conocimiento precisamente por su permeabilidad ante los efectos de las emociones. En el caso de Smith estas características de la imaginación se reflejan en criterios epistémicos mediante los que han de juzgarse los sistemas explicativos, y que constituyen, a su vez, los principios de una teoría de la historia de la ciencia.

Este último punto sugiere la relevancia que la línea argumentativa seguida en este trabajo puede tener a la hora de comprender e interpretar los desarrollos de ambos autores en campos específicos del saber, particularmente en moral y economía.

Notas

1. Para las referencias a las obras de Hume se utilizan las abreviaturas habituales. En el caso del *Tratado* la numeración corresponde a las ediciones de 2011 y 1992, respectivamente.
2. Cabe recordar que los ensayos que se reconocen habitualmente por los títulos de “Historia de la Astronomía”, “Historia de la Física” e “Historia de la Lógica y la Metafísica” y publicados póstumamente en el volumen *Ensayos Filosóficos*, corresponden al “gran plan” smithiano inconcluso de escribir una historia que “conectara las ciencias liberales y las artes elegantes”. Sobre esto véase la “Advertencia de los editores” a los *Ensayos* (1998: 43). Y sobre el posible contenido de este plan el “Estudio Preliminar” de John Reeder (1998: 27).
3. En este caso las referencias corresponden a las ediciones de 1982 y 1998, respectivamente.
4. Skinner (1972) habla de “desutilidad”.

Bibliografía

- GRISWOLD, Ch. L. Jr. (1999). *Adam Smith and the Virtues of Enlightenment*. New York: Cambridge University Press.
- HUME, D. (2011). *A Treatise on Human Nature*. Oxford: The Clarendon Edition of the Works of David Hume.

- HUME, D. (1992). *Tratado de la Naturaleza Humana*. Madrid: Tecnos.
- HUME, D. (2004). *Investigación sobre el Entendimiento Humano*. Madrid: Istmo.
- HUME, D. (1999). *Resumen del Tratado de la Naturaleza Humana/Abstract of A Treatise on Human Nature..* Barcelona: Libros de Er.
- PACK, S. J. (1995). "Theological (and Hence Economic) Implications of Adam Smith's "Principles which Lead and Direct Philosophical Enquiries"". *History of Political Economy*, 27:2, pp. 289-307.
- SCHLIESSER, Eric (2010). "Copernican Revolutions Revisited in Adam Smith by way of David Hume". *Revista Empresa y Humanismo*, Vol XIII, n° 1/10, pp. 213-248.
- SMITH, A. (1982). *Essays on Philosophical Subjects*, edited by W. P. D. Wightman and J. G. Bryce, *The Glasgow Edition of the Works and Correspondence of Adam Smith*, Vol. III. Indianapolis: Liberty Fund.
- SKINNER, A. (1972). Adam Smith: philosophy and science. *Scottish Journal of Political Economy*, 29 (3), 307-319.
- SMITH, A. (1998). *Ensayos Filosóficos*. Madrid: Pirámide.
- TAYLOR, W. L. (1965). *Francis Hutcheson and David Hume as Predecessors of Adam Smith*. Durham: Duke University Press.
- TEICHGRAEBER, R. F. (1986). *Free trade and moral philosophy. Rethinking the sources of Adam Smith's Wealth of Nations*. Durham: Duke University Press.

La meta-teoría y su intervención en la investigación psicológica de los conocimientos sociales

*José Antonio Castorina**

Introducción

En esta ponencia nos vamos a ocupar de exponer los supuestos básicos que han presidido la formulación de los problemas de investigación y las decisiones metodológicas de los psicólogos del desarrollo del conocimiento social. Es decir, quisiéramos identificar las tesis ontológicas y epistemológicas y su *modus operandi*, buscando elucidar sus relaciones con los otros componentes del proceso de investigación, la producción de datos, las construcciones teóricas, los procedimientos metodológicos (Overton, 2006; Valsiner, 2006).

Examinamos, primeramente, la idea de meta teoría o marco epistémico (en adelante ME), que son los supuestos ontológicos y epistemológicos que presiden la investigación psicológica, especialmente en los estudios sobre desarrollo de los conocimientos sociales; luego, vamos a distinguir entre dos tipos de meta teoría: una versión escisionista (MEE) y otra relacional (MER) o dialéctica, incluyendo una meta teoría restringida, ejemplificando en aquellos estudios del conocimiento social; a continuación vamos a situar a la meta teoría dentro del círculo metodológico de la investigación psicológica, exponiendo algunos de los *modus operandi* del ME sobre la investigación psicológica.

La idea de meta teoría

Una meta teoría es un conjunto interconectado de principios que subyacen a la investigación psicológica, describe y prescriben lo que es significativo y lo que no lo es como teoría y método en una disciplina científica. En otras palabras, implica estándares de juicio y evaluación, y hasta de valoración; también trasciende los métodos y las teorías, en el sentido en que define el contexto en el cuál los conceptos teóricos y los preceptos metodológicos se construyen; puede ser la fuente de la consistencia y coherencia de las teorías porque establecen las categorías y constructos más básicos del campo. Un ME introduce claramente una dimensión social en la investigación psicológica, porque toda concepción del mundo expresa una situación histórico social y se ancla en creencias de los grupos y clases sociales (García, 2002).

En la misma vena, Valsiner (2006; 2012, a)) ha señalado que la interpretación subjetiva del investigador está ensamblada bajo la guía de una concepción dominante en la sociedad a la que pertenece el psicólogo. Así, si el sistema de creencias sugiere o enfatiza el foco sobre el auto análisis introspectivo y su explicación dramática, el investigador puede priorizar los fenómenos intra psicológicos. Los factores históricos y socio-políticos abren y cierran temporalmente a la

* Universidad de Buenos Aires y CONICET.

psicología para determinadas investigaciones (Valsiner, 2006)

Un ME es omnipresente ya que todas las teorías y métodos en la investigación psicológica operan y son formulados dentro de alguna meta teoría; es silencioso en el sentido de que por lo general se imponen a los investigadores como “su sentido común académico”, sin que sean reconocidas en la ciencia que se hace día a día; sin embargo, no es seguido ciegamente, entre otras razones, porque las vicisitudes específicas del proceso de investigación promueven su aceptación o sumodificación. Como veremos, se inserta en lo que hemos denominado “el ciclo metodológico” de la investigación psicológica (Valsiner, 2012, a).

Finalmente, las meta teorías operan sobre el proceso investigativo, en una jerarquía de menor a mayor generalidad. En nuestro caso de la psicología del desarrollo, vamos a distinguir dos niveles:

- modelo de máxima generalidad, al que podemos considerar una “una concepción del mundo”, compuesta por un interconectado sistema de principios *ontológicos* y *epistemológicos*. Aquí se encuentran las perspectivas de conjunto que hemos denominado MEE y MER, las que van a intervenir sobre la elección de las explicaciones en la psicología del desarrollo. (Ennis y Overon, 2006)

- Un nivel más limitado, en su generalidad, de meta teoría. En el caso del MEE, el enfoque de los procesos “internos” de desarrollo, o de procesos “contextualistas”; en el MER, los “los sistemas abiertos auto organizados”, o los “modelos de equilibrio cognoscitivo en términos de relaciones triádicas entre sujeto-objeto y otro”, que se aplican a la investigación de los conocimientos sociales (desde la intimidad, pasando por la autoridad escolar, o las nociones de justicia)

Sin duda, los ME constituyen una parte esencial del núcleo duro de una tradición de investigación (en el sentido de Laudan) y han sido fundamentales en la constitución de la psicología.

El Marco de la escisión y el Marco de las relaciones

Centralmente, desde Descartes, se ha producido una escisión filosófica de los componentes de la experiencia del mundo, entre el sujeto y el objeto, el conocimiento dirigido a las propias “ideas” y el mundo externo. En términos generales, una desvinculación radical que llevó a una elección excluyente entre ellos y dio origen al dualismo ontológico cartesiano de mente y cuerpo, de sustancia interna y sustancia externa. Mientras el conocimiento tenía como objeto a sus propias representaciones y el filósofo buscaba la certeza en el examen de las ideas independientemente de lo que representan, se exigía simultáneamente que tales ideas se correspondieran con el mundo. Este enfoque contemplativo y representacional del conocimiento, aún vigente en el pensamiento contemporáneo, implicó la tesis de los “ojos de Dios” para justificar la adecuación del conocimiento con el mundo.

Esta desvinculación se constituyó como ontologización, típica del dualismo cartesiano de las sustancias, alcanza también a su oponente monista cuando éste reducía las actividades

mentales a un “mecanismo” corporal. Ambas versiones expresan paradigmáticamente la perspectiva escisionista que absolutiza los términos que se excluyen y llega a afirmar uno de ellos en detrimento del otro (Taylor, 1995). Uno de los rasgos de la ontología escisionista es el atomismo y la reducción de la totalidad a una combinatoria lineal aditiva de elementos.

Por otra parte, aquella escisión se manifestó en los debates epistemológicos, entre el racionalismo cartesiano y el empirismo; hasta el positivismo lógico, en base al criterio empirista de significado, es una continuación del dualismo y el reduccionismo del empirismo moderno. Así, se produjo la disociación del sujeto y el objeto, del conocimiento teórico y los enunciados de experiencia, admitiéndose solo causas eficientes en una secuencia lineal para explicar los comportamientos. Esta estrategia intelectual es responsable de las dicotomías que han recorrido la historia de la psicología del desarrollo: el individuo y la sociedad, métodos cualitativos y cuantitativos, cultura y naturaleza, descripción y explicación. La cuestión planteada suele ser cuál de ellos tiene primacía sobre el otro, o a lo sumo se admite su sumatoria.

El MEE es el corazón de la tradición cognitivista y su versión neoinnatista del desarrollo, así como la incipiente psicología “contextualista” que pretende ser su antípoda. En el primer caso, las representaciones se interpretan en los términos de la concepción computacional del procesamiento de la información. Por detrás de este proceso se postula la escisión del cerebro y la mente; del procesamiento individual de la información y el contexto social; de la sintaxis de las representaciones y su semántica (Varela, Thompson y Rosch, 1992). Claramente, el desarrollo de los conocimientos sociales, por ejemplo, es interpretado como una modificación de las representaciones individuales por dentro del aparato mental. El propio proceso de elaboración de conocimientos no depende de alguna actividad con los objetos de conocimiento ni es afectado sustancialmente por el contexto cultural (Sperber, 2002).

Por el contrario, se postula otra ontología donde cada elemento de la experiencia con el mundo sólo existe por su conexión constitutiva con su dual y en una dinámica de transformación: el organismo respecto del medio; la naturaleza respecto de la cultura, o el individuo con la sociedad. Una ontología de un proceso en lugar de la separación de sustancias: interconexión, proceso, cambio cualitativo, emergencia y una necesaria organización, sin excluir la estabilidad, o la organización contingente. Dicha perspectiva relacional surge con Leibniz, Hegel y Marx, prosigue con Cassirer y llega hasta Taylor en la filosofía contemporánea, y con Elias y Bourdieu en el pensamiento social (Castorina y Baquero, 2005). En la dimensión epistemológica, Bachelard, Piaget y la filosofía pospositivista de la ciencia mostraron que la observación supone a la teoría, que el contexto de descubrimiento es inseparable del de justificación, que los conocimientos se pueden estudiar retroductivamente, en su constitución histórica y psicogenética. En lugar del objetivismo de los hechos anteriores al conocimiento se propone una objetividad como proyecto histórico de consensos epistémicos.

ElMER subrayó el predominio del sistema de relaciones socio-individuales o de las relaciones entre naturaleza y cultura, por sobre sus componentes al estudiar la génesis del lenguaje o los conceptos, en la obra de Vigotsky; también en Piaget, cuando basó su constructivismo en las

interacciones constitutivas entre sujeto y objeto, rompiendo con el dualismo epistemológico. Cada categoría contiene -y de hecho es- su opuesto, los elementos no solo interactúan entre sí, sino que las partes de la totalidad se interpenetran entre sí. Así, lo individual y lo social, operan en un modo de interrelación, pasando a primer plano el dominio de la oposición de la polaridad, donde cada categoría excluye a la otra y llegan a ser opuestas; luego, exhibiendo cada término de la bipolaridad en su propia identidad y sus propios rasgos (el desarrollo se enfoca desde los puntos de vista biológico, psicológico y cultural); la oposición en la polaridad de los términos nos recuerda que se requiere solución, así la aproximación relacional se mueve fuera de los extremos hacia el centro y supera el conflicto, se descubre un sistema novedoso que coordina los opuestos, en tanto principio de síntesis, se produce una coordinación entre dos sistemas en su articulación (Valsiner, 2012, b); Overton y Ennis, 2006)

Marcos Epistémicos e investigación psicológica

En la historia de los estudios sobre conocimientos sociales, el programa psicogenético, que hemos denominado “literal” está orientado por el MEE, que justamente Piaget contribuyó a cuestionar. Es decir, los investigadores no se preguntaron por la naturaleza de las interacciones del sujeto con el objeto social, considerando a la sociedad y la cultura solamente como datos exteriores al proceso de construcción individual, que a lo sumo retardan o aceleran las adquisiciones infantiles. En este caso, tales indagaciones han contribuido al avance del conocimiento desde un punto de vista descriptivo, mostrando los cambios en ideas infantiles sobre la autoridad política, el trabajo o las relaciones económicas (Furth, 1980; Delval, 1994; Bombi y Berti, 1988). Pero, los conocimientos sociales resultan del despliegue de los estadios generales del conocimiento, sin que se establezca alguna diferencia significativa con el conocimiento físico de los niños. Es decir, el niño enfrenta a un objeto externo (sea la historia o la sustancia física) sin intervención del significado cognoscitivo de las acciones sociales de las que podría participar sobre el conocimiento.

Antes mencionamos, además de un ME amplio en un sentido más general (el MERo el MER), una meta teoría más restringida. En el caso del MEE, se puede percibir claramente una perspectiva de estudio “internista” o de “procesos cognitivos que van de menor a mayor grado de conocimiento” en el estudio de las ideas infantiles. Por el contrario, hemos defendido un constructivismo “revisitado”, en el contexto de un MER, que asume que los conocimientos infantiles se construyen mientras hay participación en prácticas sociales o apropiación de representaciones sociales que restringen la construcción de ideas (Castorina, 2014, a). Aquí hemos explicitado un MER “restringido”, compartido con la teoría de las representaciones sociales de Moscovici (1976) (en adelante TRS) En esta última, la producción simbólica tiene lugar en las interrelaciones entre el sujeto individual, el otro y el mundo-objeto, de modo tal que una representación social emerge en un sistema de acción y comunicación dialogal. De este modo, la triangularidad es una línea epistemológica que subyace a la propia teoría psicológica de las RS. Así, un objeto es generado conjuntamente por el Ego y el Alter en su interacción comunicativa (Marková, 2003)

Al formularnos las preguntas sobre el conocimiento social de los niños, desde la autoridad escolar y política, hasta el derecho a la intimidad, la justicia o el castigo (Castorina y Barreiro, 2014), fue imprescindible considerar las prácticas sociales de que participan los niños y las interacciones sociales, así como los significados sociales que les corresponde. En otras palabras, la naturaleza misma de los objetos de indagación y nuestras preguntas nos llevaron renovar la psicología genética, dialogando con las TRS. Ahora bien, de este modo se establece también una perspectiva epistemológica triádica para el desarrollo intelectual, en la propia psicología genética. Se postula que la construcción de las nociones sociales son posibilitadas y restringidas por las posiciones identitarias vinculadas a las representaciones sociales de una comunidad. Estas posiciones son expectativas de configuraciones triádicas asimétricas de estatus, entre sujeto-objeto-otro. Así, en los estudios de la construcción individual de ideas sociales en las interacciones de las que participan los individuos, la triangularidad se constituye entre sujeto-objeto y representaciones sociales. Si bien el centro de la indagación es la relación del sujeto con el objeto de conocimiento, se considera que sus interacciones están mediadas por las representaciones sociales. Por esta misma razón, el sujeto epistémico de la tradición piagetiana es por lo menos complementado por un sujeto psicosocial, de modo que las asimetrías entre el sujeto y el otro, expresadas en creencias colectivas, juegan un rol constructivo.

Intervención de los supuestos en el ciclo metodológico

Nuestra perspectiva sitúa a las meta teorías dentro de lo que Valsiner (2006;2012, a) llamó el ciclo metodológico, en los términos de “Axiomas” o “Suposiciones Generales”, o “concepción del mundo”. El psicólogo tiene una vivencia intuitiva de los fenómenos psicológicos, asociado con su concepción del mundo (marco epistémico), y procede a construir los datos con los métodos específicos de investigación. Se constituye un ciclo metodológico donde las partes o componentes de la totalidad se alimentan, e influyen, unos sobre otros. El investigador debería buscar la consistencia entre las meta teorías, las teorías, los métodos, datos y fenómenos, para la validación del conocimiento.

Poner de relieve el ciclo metodológico es muy significativo, porque en la investigación psicológica se pretende, con frecuencia, crear consistencia horizontal entre métodos, con independencia de la consistencia vertical, se discuten entre sí las teorías o los fenómenos, por fuera de la consistencia del ciclo total metodológico. Se pueden comparar programas, pero sobre la base de situar los métodos o teorías en un sistema dinámico. De este modo, un método puede cambiar su significado al situarse en ciclos diferentes propios de un programa, diferentes a otros programas, o de los objetivos que se proponen los investigadores. De este modo, un método o un aspecto de un método no son correctos o incorrectos en sí, y comparado con otro método opuesto, sino en función de su eficacia dentro de otro ciclo.

Según la versión dinámica del ciclo metodológico, los ME no sobrenadan o flotan encima de la investigación, sino que son afectadas por los avatares de las indagaciones de las indagaciones. Los fracasos en la investigación, la aparición de nuevos problemas o datos recalcitrantes, o la

controversia entre distintos programas de investigación, pueden requerir una reflexión sobre el ME subyacente, y se puede proceder a revisarlo. Examinamos brevemente algunas modalidades de la intervención de los ME en el ciclo metodológico de la investigación de los conocimientos sociales, aunque dejamos de lado otras muy significativas, como los modelos explicativos (Castorina, 2014,b)):

1) Los ME constriñen y sustentan las teorías que se elaboran en la investigación psicológica. Debemos admitir que durante años, las dicotomías mencionadas obligaron a estudiar a un niño que enfrentaba en soledad al mundo social, desde un constructivismo de la elaboración puramente individual. Este ME restringido prescribe que en la teorización no cuenta constitutivamente ni la sociedad ni la cultura en la formación de las ideas. Y, por supuesto, la investigación se concentraba en la producción interna de las ideas infantiles, describiendo los estadios de su constitución.

Ante las notorias dificultades de los datos e interpretaciones logrados respecto de las ideas sobre la sociedad, se adoptó decididamente un enfoque relacional para “ir hacia abajo”, orientamos explícitamente la investigación y produciendo elaboración empírica, así como teoría sobre el proceso de adquisición de nuevas nociones sociales, en un contexto de prácticas sociales y creencias colectivas. En particular, la adopción de una meta teoría “restringida” triádica, asociada con el MER más general, nos colocó en otra posición para dirigir nuestras investigaciones, las que atienden a las interrelaciones entre la formación de ideas y las prácticas sociales en que participan los sujetos (Castorina, 2014,a)).

2) La adopción de un marco meta teórico funciona como una guía para redefinir los conceptos. Así, respecto de la noción estadio, en una meta teoría de la disociación del sujeto solitario y el objeto social, se describen las adquisiciones cada vez más descentradas del punto de vista personal e inmediato, siguiendo los niveles del desarrollo intelectual, hasta el acceso a las operaciones que sistematizan los conocimientos, para posibilitar la comprensión del mundo social (Furth, 1980). Por el contrario, un estadio puede ser considerado en una perspectiva de la emergencia o la discontinuidad de conceptos sociales, desde una meta teoría restringida que hemos denominado “triádica”, situada en la perspectiva sistémica. Los datos construidos en la investigación desde tal perspectiva obligan a revisar el concepto clásico, definido en términos de instancias estructurales de un desarrollo con un orden de linealidad y universalidad. La relación triádica constituye una interacción dinámica de los componentes, y existe solo “en contexto”, lo que quita al concepto de estadio o nivel, el carácter de una modalidad interna del conocimiento social, y expresa niveles de equilibrio o de organización sistémica de elaboración, que pueden cambiar según las situaciones contextuales y su orden pasa a ser indeterminado. Claramente, el concepto de estadio es relativo al marco meta teórico dentro del cuál ha sido pensado, y se tiene la impresión que bajo la orientación de una meta teoría sistémica o triádica alcanza un grado de precisión y mayor consistencia dentro del ciclo metodológico que hoy se despliega en la investigación.

3) La intervención de los supuestos ontológicos y epistemológicos no determinan

unívocamente la credibilidad de la investigación psicológica, ya que la producción y verificación de las hipótesis dependen de la actividad de los investigadores en la estructuración de los datos y en su análisis. Las investigaciones tienen aceptable verificación empírica o no, bajo marcos epistémicos muy diferentes. Incluso, el cuestionar el MEE –como es nuestro caso- no invalida el logro de investigaciones empíricas realizadas dentro de ese marco, porque hay una relativa autonomía de los procedimientos de producción y prueba de las hipótesis, como sería el caso de muchos de los estudios descriptivos de la psicología cognitiva o el constructivismo clásico. Claramente, no hay una derivación lógica que va desde los presupuestos hacia los resultados de la investigación teórica y empírica. Se trata de una relación en que los primeros suscitan o posibilitan a los segundos, y éstos reaccionan sobre los primeros, pudiendo contribuir a su revisión.

4) Los ME “visibilizan” algunos aspectos del campo de estudio, e “invisibilizan” otros. Así, el marco de la escisión del constructivismo clásico ha permitido describir algunos avances de los conocimientos sociales, en ideas políticas, económicas o institucionales. Pero no pueden problematizar aspectos que son notorios desde otros estudios de diferente orientación: el hecho insoslayable de que haya ideas de los sujetos que no se modifican con el desarrollo, como la “personalización” de la historia o los fenómenos vinculados a la autoridad política (Castorina, 2008) ; o que la noción de castigo retributiva sea constante a través de las edades (Barreiro, 2012). Los investigadores que comparten un MEE no se han sentido interrogados por estas comprobaciones, repetidas una y otra vez.

5) Mientras los estudios están orientados por la MEE adoptan una unidad de análisis conceptual centrada en uno de los aspectos disociados de la experiencia con el mundo. Así, los estudios sobre conocimientos sociales en los niños se centran en la actividad individual de producir conceptos, siguiendo la secuencia de las ideas infantiles, pero con una completa abstracción de los contextos en que se realiza dicha actividad.

Por el contrario, se puede enfocar la unidad dialéctica del sujeto y el objeto, en un contexto de prácticas sociales y RS, optando por un modelo de elementos en relación, en vez de simples agregados. Se cuenta con las propiedades de un sistema de interacciones de componentes que no se anulan en la totalidad, ni se reducen a su sumatoria. En el caso del estudio de las nociones sociales de los niños, por ejemplo como los niños conciben o no su derecho a la intimidad, que es reconocido por la Convención Internacional de 1989, pero mucho menos en las prácticas sociales en nuestra cultura. En este sentido, las unidades de análisis de los investigadores deben considerar las interrelaciones entre tres componentes: las particularidades de las ideas infantiles sobre la intimidad, con los procesos de construcción de significados como la dialéctica de la integración y diferenciación conceptual; el objeto de ese conocimiento, que emerge de la propia experiencia social de los sujetos; la praxis social o las prácticas sociales realizadas en una institución determinada, con determinadas normas, o en un contexto social con representaciones sociales pre-existentes (Castorina y Horn, 2010).

6) Las entrevistas clínicas suponen la interacción negociada entre el entrevistador y el entrevistado, sin ella no podría esbozarse el significado que le atribuye el entrevistador al

entrevistado. En otras palabras, los saberes no pueden ser testeados independientemente del significado que tiene el contexto para los interlocutores en situación de entrevista (Schauber Leoni, 1989). A los fines de este artículo es relevante cuestionar lo que tradicionalmente se creyó era una entrevista “libre de cultura”. Pero también se puede asumir la suposición de que el significado alcanzado en la entrevista queda como exclusivamente interior a la interacción metodológica respecto de las herramientas culturales, anulándose la ‘aproximación’, por inacabada que se quiera, a lo que los niños piensan acerca del objeto social.

Así, Halldén, Scheja & Haglund, (2014) afirman que el conocimiento está siempre situado, aunque en ocasiones, este postulado adquiere una forma que proviene del supuesto ontológico de la escisión: que el conocimiento solo se produce en las prácticas sociales. Sin duda, la entrevista suministra un buen ejemplo de la construcción conjunta del significado, ya que está amarrada política y contextualmente, y se la puede describir como un “un texto negociado”. Pero cuestionar la posibilidad de indagar las creencias de los alumnos en nombre de la ontología de la comunicación es inaceptable, porque la negociación discursiva no obliga a ignorar los pensamientos individuales o los saberes previos de los que dispone cada individuo. La entrevista, clínica no indaga “los saberes infantiles” como un conocimiento exclusivamente individual, sino que su transcurso supone que los protagonistas comparten un contrato experimental, o que el niño responde en función de cómo interpreta la demanda del entrevistador. Pero si los datos se producen en una situación de diálogo se puede asumir tanto la descripción de las influencias situacionales como el contenido cognitivo del diálogo. Se puede optar por una unidad “en las diferencias o en la oposición dinámica” de los componentes, entre entrevistador y actividad del entrevistado; entre las condiciones contextuales de la actividad y la elaboración de ideas dentro o fuera de la escuela.

Conclusiones

Mientras la investigación psicológica “standard” es predominantemente empírica, separada de la producción de teoría o de la reflexión meta teórica (Machado, Lourenzo & Silva, 2000), esta última es necesaria para articular los niveles de la investigación psicológica. En este sentido, la búsqueda de consistencia vertical (meta teoría o Axioma, teoría, método, dato, fenómeno) constituye la metodología, y contribuye a la validación de la construcción del conocimiento. Solamente en la interacción dialéctica entre dichos componentes se puede producir un conocimiento que supere las descripciones de las respuestas de los sujetos o una teorización vacía sobre “el carácter social del conocimiento”.

Dicha reflexión debe realizarse por los propios psicólogos, armados con instrumentos filosóficos, pero mientras producen conocimientos o realizan sus investigaciones: se trata de una modalidad de la investigación psicológica, que busca un “equilibrio dinámico” con la investigación empírica y la investigación teórica. Son reflexiones acerca de una “ciencia que se hace” y no enfocada desde fuera como teorías o conocimientos ya producidos, al modo de muchos filósofos. Se atiende centralmente a los entrecruzamientos de los distintos componentes

de la investigación psicológica, y con sus condiciones sociales e históricas. Así, los investigadores pueden evitar el tratamiento de los conceptos como ya “terminados” o de exigirles que adopten condiciones suficientes y necesarias para una definición aceptable, aún predominante entre los filósofos analíticos. Es posible reconstruir, desde esta perspectiva el movimiento de reformulación de los problemas, la búsqueda de los métodos pertinentes para nuevos problemas o la revisión y transformación del corpus teórico. Solamente en ese movimiento se pueden establecer las debilidades de los conceptos, o su grado de distanciamiento del sentido común.

Se puede considerar que es difícil para los psicólogos formular los interrogantes epistemológicos y elaborar argumentaciones para sostener algunas tesis o cuestionar otras, en lugar de una simple afirmación o toma de posición. Se requiere, justamente, de una cuidadosa formación epistemológica en la vida académica, no como una actividad separada e independiente de la actividad de producción de conocimientos; de una preocupación por el ejercicio de la reflexión mientras se participa en la producción de conocimientos (Castorina, en prensa).

Bibliografía

- BARREIRO, A (2012) El desarrollo de las justificaciones del castigo: ¿conceptualización individual o apropiación de conocimientos colectivos? *Estudios de Psicología*, Vol. 33 (1) 67-78
- BERTI, A.E & BOMBI, A.S (1988) *Il mondo económico nel bambino*. Florencia. La Nuova Italia
- CASTORINA, J.A (2014, a) La psicología del desarrollo y la teoría de las representaciones sociales. La defensa de tesis de compatibilidad. En J.A. Castorina y A. Barriero (Orgs.) *Representaciones sociales y prácticas en la psicogénesis del conocimiento social*. (pp.35-53) Buenos Aires. Miño y Dávila.
- CASTORINA, J.A (2014) La explicación para las novedades del desarrollo psicológico y su relación con las meta teorías. En A. Talak (Coord.) *Las Explicaciones en Psicología*. (pp.57-76) Buenos Aires. Prometeo.
- CASTORINA, J.A (en prensa) La epistemología “interna” de la investigación y su significado formativo para los psicólogos. *Revista de Psicología*. Universidad Nacional de La Plata.
- CASTORINA, J.A & HORN, A (2010) La perspectiva psicológica constructivista y la sociología de la infancia. *Contribuciones del estudio del derecho a la intimidad*. En *Educación & Cultura*. Vol. 7, 53-74
- CASTORINA, J.A Y BARREIRO, A (Coords.) (2014) *Representaciones sociales y prácticas en la psicogénesis del conocimiento social*. Buenos Aires. Miño y Dávila.
- CASTORINA, J.A (2008) El impacto de las representaciones sociales en la psicología de los conocimientos sociales. En *Cadernos de Pesquisa*, Vol. 38, No. 136, 756-776.
- CASTORINA, J.A & BAQUERO, R (2005) *La dialéctica en la psicología del desarrollo*. Buenos Aires. Amorrortu.
- DELVAL, J (1944) Stages in the Children's Construction of Social Knowledge. En M. Carretero y J. Voss (Eds) *Cognitive and Instructional Processes in History and the Social*

- Sciences. (pp. 77-102) New Jersey: Lawrence Erlbaum
- FURTH, H (1980) *The World of grown-up. Children's conceptions of social institutions.* New York. Elsevier North Holland
- GARCÍA, R (2002) *El conocimiento en Construcción.* Barcelona. Gedisa
- HALLDÉN, O., SCHEJA, M. & HAGLUND, L. (2014). *The Contextuality of Knowledge. An intentional approach to Meaning and Conceptual Change.* En S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (pp.509-532). London. Routledge.
- MACHADO, A; LOURENÇO, O; SILVA, F (2000) "Facts, Concepts, and Theories: The Shape of Psychology's Epistemic Triangle". En *Behavior and Philosophy*, 28, 1-40.
- MARKOVÀ, I (2003) *Dialogicality and Social Representations.* Cambridge: University Press
- MOSCOVICI, S (1976) *La Psychoanalyse, son image et son public.* Paris: PUF
- OVERTON, W (1994) *Contexts of Meaning: The Computational and the Embodied Mind.* En W. Overton y D. Palermo (Eds.), *The Nature and Ontogenesis of Meaning* (pp.1-18) Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- OVERTON, W (2006): "Developmental psychology: Philosophy, concepts and methodology", en (W. Damon & R. Lerner Eds) *Handbook of Child Psychology*, (pp.18-88) New York: Wiley.
- OVERTON, W & ENIS, M (2006) *Relationism, ontology and others concerns.* Human Development, 49, 180-183.
- SCHAUBER-LEONI, M (1989) *Problematization des notions d'obstacle épistemologique et de conflict socio-cognitif dans le champ pédagogique.* En *Construction des Savoirs. Obstacles et Conflicts* (22-44) Québec: Agence d'Arc.
- SPERBER, D (2002) *La modularidad del pensamiento y la epidemiología de las representaciones.* L. Hirschfeld & S. Gelman (comps) *Cartografía de la Mente.* Tomo I (pp. 71-108) Barcelona: Gedisa. (Publicado originalmente en 1994)
- TAYLOR, CH (1995) *Philosophical Arguments.* Cambridge: Harvard University Press
- VALSINER, J (2006) *Developmental Epistemology and Implications for Methodology*, en (W. Damon & R. Lerner, Eds) *Handbook of Child Psychology.* Vol 1 (pp. 89-145) New York: Wiley
- VALSINER, J (2012, a)
- VALSINER, J (2012, b) *La dialéctica en el estudio del desarrollo.* En J.A. Castorina y M. Carretero (comps) *Desarrollo Cognitivo y Educación (I).* Buenos Aires. Paidós.
- VARELA, E.; Thompson, E. & Rosch, E. (1992). *De cuerpo presente.* Barcelona. Gedisa.

¿Pueden nadar los submarinos? La tesis de Turing y el mecanicismo

Aldana D'Andrea*, Javier Blanco†

The Fathers of the field had been pretty confusing: John von Neumann speculated about computers and the human brain in analogies sufficiently wild to be worthy of a medieval thinker and Alan M. Turing thought about criteria to settle the question of whether Machines Can Think, a question of which we now know that it is about as relevant as the question of whether Submarines Can Swim.

E.W.Dijkstra. *The threats to computer science.*(EWD 898)

Computación, máquinas y pensamiento

La noción de computación puede ser entendida como el resultado de la *confluencia de ideas* provenientes de diferentes tradiciones -filosóficas, lógicas y epistemológicas- en un mismo núcleo problemático: el cálculo efectivo (Gandy, 1988). Esto es, el problema lógico-matemático de la representación simbólica de la inferencia y el desarrollo de la misma en términos de un cálculo regido por reglas, con el consecuente problema filosófico, heredado de Hobbes, acerca de las condiciones de identificación del razonamiento humano con un cálculo.

Sieg (1991) ha señalado que el problema del cálculo efectivo tiene una *historia relevante* que es la relativa a las discusiones en fundamentos de las matemáticas a fines del siglo XIX y principios del XX y tiene, a su vez, una *pre-historia relevante* que está cristalizada en el *Calculus* de Leibniz. Tanto la historia como la pre-historia de la noción de computación están atravesadas por dos conceptos que o bien pueden coincidir o bien pueden ser antagónicos: la máquina y el pensamiento.

La idea de una máquina que piense puede rastrearse, al menos, desde Descartes, con una tesis muy clara y por demás influyente en la posteridad: las máquinas no pueden (ni podrán) pensar, sencillamente porque carecen de la sustancia pensante. Por otra parte, la idea de un pensamiento mecánico ha suscitado muchas más adhesiones, provenientes sobre todo de un ideal lógico-epistemológico que asegure la validez de los procesos inferenciales. La condición necesaria para el cumplimiento de este ideal fue planteada por el sueño algorítmico de Leibniz: el razonamiento debe ser reducido a una combinación de signos y el cálculo no es sino una operación sobre signos (Leibniz, 1989: 194).

De acuerdo a la tradición cartesiana, máquina y pensamiento son conceptos antagónicos y aunque pareciera que desde el punto de vista lógico-epistemológico leibniziano los conceptos son coextensivos, en realidad la reducción del pensamiento a un cálculo representa, precisamente, la

* Universidad Nacional de Córdoba, Universidad Nacional de Río Cuarto

† Universidad Nacional de Córdoba

desaparición del pensamiento en pos de un mecanismo sintáctico y prescriptivo; un mecanismo que alejándose de la falibilidad del pensamiento se ubique en el sendero de la exactitud, la controlabilidad y la infalibilidad. Sin embargo, y sorprendentemente, la apelación al pensamiento sigue siendo una constante en esta tradición, ya no por las pobres capacidades que lo caracterizan, sino por la ausencia de un lenguaje que permita referir a las capacidades distinguidas de máquinas que no se ajustan a la noción tradicional de mecanismo (posiblemente esto indique también una ausencia de entendimiento), nos referimos a máquinas que realizan trabajos intelectuales, máquinas calculadoras o lógicas. Así Babbage, por ejemplo, explica el uso de un lenguaje antropomórfico para referir a las operaciones que su motor analítico realiza, la máquina “sabe”, “elige” o “tiene memoria”:

“In substituting mechanism for the performance of operations hitherto executed by intellectual labour it is continually necessary to speak of contrivances by which certain alterations in parts of the machine enable it to execute or refrain from executing particular functions. The analogy between these acts and the operations of mind almost forced upon me the figurative employment of the same terms. They were found at once convenient and expressive and I prefer continuing their use rather than substituting lengthened circumlocutions” (Babbage, 1837 en Priestley, 2011:45)

Lo llamativo es que incluso después de transcurrido un siglo y tras haber avanzado abismalmente en la comprensión del funcionamiento de este tipo de máquinas mediante el esclarecimiento del concepto de computación efectiva, Turing se describe a sí mismo en la tarea de construir la ACE (Automatic Computer Engine, 1945), la primera computadora electrónica de programa almacenado, como “construyendo un cerebro” (Cf. Hodges, 1988: 8) y no pasó mucho más hasta que colocó la tesis de Descartes entre signos de interrogación: ¿las máquinas no pueden (ni podrán) pensar? (Turing, 1950).

Este es el contexto en el cual la cita inicial de Dijkstra cobra sentido: *plantear si una máquina puede pensar es tan relevante como plantar si un submarino puede nadar*. Cuando Dijkstra escribió esto era el año 1988, él hablaba de la computación como una “novedad radical” que sólo podía ser comprendida en base a conceptos y fenómenos ya conocidos, muchos de ellos resultaban ser metáforas antropomórficas, como por ejemplo, la idea de memoria para referir al almacenamiento de datos y, más interesante aún (pero también más confusa), la idea de pensamiento para referir a los procesos lógicos que una computadora desarrolla. Dijkstra sostiene que estas metáforas, lejos de ayudar a la comprensión del fenómeno de la computación, lo tergiversan y ocultan su verdadera naturaleza.

Nosotros seguiremos esta línea de pensamiento, aunque ya no partiendo de la idea de novedad radical. Hace ya más de medio siglo que existen máquinas computadoras, pese a ello parece permanecer cierta incompreensión sobre la idea básica que fundamenta la noción más general y abstracta de computación, nos referimos a la idea de cálculo efectivo. Consideramos que la comprensión del fenómeno de la computación y sus implicancias pueden ser mejor entendidos mediante el concepto metamatemático de cálculo efectivo (en lugar de los de

máquina y pensamiento) retomando el marco problemático en el cual surgió.

Desde un planteo histórico-epistemológico de la noción de cálculo efectivo, donde se conjugan la discusión en fundamentos de la matemática y la tradición de mecanización del cálculo y la inferencia, se visualiza que no es necesario ni deseable que las máquinas piensen o imiten a la mente humana, no tan sólo porque las computadoras pueden hacer algo mucho mejor (Cf. Dijkstra, 1988), sino porque además el propósito tras la búsqueda de un cálculo efectivo fue precisamente que el razonamiento se desarrollase *sin pensamiento* (en ello radica el ideal que persiguieron Leibniz, Frege y Hilbert). Desde este punto de vista es por lo menos paradójico pretender que una máquina piense. El modelo de inferencia de la computación no es el pensamiento, es el cálculo.

El cálculo efectivo y su contexto epistemológico

El contexto epistemológico inmediato en el cual surge la noción de computación está marcado por la pregunta acerca de los métodos efectivos (o funciones efectivamente computables) a la luz del *Entscheidungsproblem* y el programa finitista de Hilbert. Particularmente, además de una respuesta al problema de la decisión, se intenta dar una respuesta a las preguntas sobre qué es un procedimiento efectivo y cuál es la clase de procedimientos efectivos. Desde esta perspectiva, el concepto de efectividad se vincula con la búsqueda de métodos de cálculo epistemológicamente no problemáticos que permitan el desarrollo y la revisión de las pruebas matemáticas de un modo preciso e infalible (sin la necesidad de apelar a la intuición o al ingenio).

Al mismo tiempo que el *Entscheidungsproblem* representaba la posibilidad de consumir el ideal epistemológico de Hilbert, planteaba una cuestión que inquietaba a muchos y que, como observó Hilbert, afecta la esencia misma del pensamiento matemático [Hilbert, 2005]: o bien el conocimiento matemático va más allá de los métodos efectivos, o bien puede ser desarrollado por una máquina y no hay nada esencialmente humano en él:

“... the undecidability is even a conditio sine qua non for the contemporary practice of mathematics, using as it does heuristic methods, to make any sense. The very day on which the undecidability does not obtain any more, mathematics as we now understand it would cease to exist; it would be replaced by an absolutely mechanical prescription (eine absolut mechanische Vorschrift) by means of which anyone could decide the provability or unprovability of any given sentence” (von Neumann, 1927 en Sieg, 1991: 14)

Serán los resultados de indecidibilidad de 1936 los que señalen el alcance que estas preocupaciones puedan tener al interior de las ciencias formales, aunque claramente no clausuran el debate filosófico acerca de una posible mecanización de la lógica y la matemática. De esta manera, la confluencia de ideas (Gandy, 1988) a la vez que marca una coincidencia formal, también señala ciertas divergencias filosóficas significativas.

Es entonces 1936 el año en el cual diferentes matemáticos muestran haber captado la relevancia del problema propuesto por Hilbert y, casi simultáneamente, proponen distintas definiciones formales sobre la noción intuitiva de cálculo efectivo, con la consecuencia de que

todas ellas resultaron ser equivalentes:

λ -definibilidad \equiv Recursividad general \equiv Turing-computabilidad

Las aproximaciones de Church (mediante funciones λ -definibles) y de Gödel (mediante funciones recursivas generales) son estrictamente formales, en cambio, la propuesta de Turing, además de una demostración formal, contiene un análisis del concepto mismo de procedimiento efectivo en tanto procedimiento mecánico, de lo cual resulta su noción de computabilidad. Quizá de esta diferencia en la aproximación al concepto de lo efectivo se deriven las consideraciones de Gödel y Church, quienes describen la identificación de la Turing-computabilidad con la noción de cálculo efectivo como *inmediatamente evidente* (Church 1937: 43) y *más allá de toda duda* (Gödel 193?, C.W. III: 168)

Gödel, a su vez, distinguió el concepto de computabilidad de las demás propuestas, señalando que Turing había aportado “an absolute definition of an interesting epistemological notion”. (Gödel, 1946. C.WII: 150). Al respecto Copeland y Shagrir sostienen que:

“In referring to computability as an epistemological concept Gödel was quite likely thinking of the major epistemological role played by computability in Hilbert’s finitistic program, and probably also of the normative role played by computability in logic and mathematics generally from the end of the nineteenth century” (Copeland y Shagrir, 2013:10)

La amplia significación de la propuesta de Turing, por sobre las demás propuestas lógicamente equivalentes, radica quizá en que ella puede ser interpretada como la culminación de los intereses filosóficos, lógicos y epistemológicos que históricamente originaron y guiaron los distintos planteos sobre la posibilidad de mecanizar el razonamiento (*Calculemus* de Leibniz, tradición de construcción de máquinas calculadoras y lógicas, búsqueda de intersubjetividad y precisión en las demostraciones), a la vez que deja planteada una nueva línea de investigaciones filosóficas. En el artículo de 1936, *On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem*, Turing apela a la idea (o metáfora) de máquina para esclarecer el concepto de cálculo efectivo, identificando lo efectivo a lo mecánico Turing inaugura un nuevo ámbito de consideraciones al arrojar una nueva idea de máquina (abstracta, universal e indecidible) y en consecuencia de mecanicismo.

El análisis de Turing y el concepto de máquina

El análisis de Turing intenta dar una aproximación matemáticamente satisfactoria al concepto de cálculo efectivo, para ello parte de la pregunta: “What are the possible process which can be carried out in computing a number?” (Turing 1936:135)

Acorde a las ideas finitistas de la metamatemática de Hilbert, Turing identifica computabilidad con procesos finitos (procesos intuitivos, constructivos o recursivos), pero su aporte distintivo es la elucidación de la noción de computabilidad a la luz de la metáfora de la máquina y la identificación de la computación efectiva con la computación mecánica.

Dado el contexto epistemológico inmediato del análisis de Turing y el vínculo establecido

con la tradición mecanicista, se visualiza como *inmediatamente evidente* que un estudio del concepto de efectividad requiere de un análisis de las condiciones del cálculo mecánico, o sea, un análisis de los procesos llevados a cabo por un humano efectuando cálculos gobernados por reglas. En este punto es relevante notar que el análisis de Turing no es un análisis de máquinas, o del concepto de máquina, es un análisis de procesos (efectivos), la máquina, como apunta Gandy “appear as a result, as a codification, of his analysis of calculation by humans” (1988:83-84). El empleo de la idea de máquina es asimismo fundamental en el análisis, ya que esclarece la noción de efectividad al vincularla con la tradición de razonamiento mecánico.

Del análisis de Turing se desprende lo que llamamos la tesis de Turing:

Un procedimiento es efectivo si puede ser simulado por una máquina de Turing.

Turing estableció que para cada procedimiento efectivo existe, en principio, una máquina de Turing que lo realiza (esto evidentemente no implica que cada procedimiento sea de hecho efectivo); pero además estableció que existe una única máquina, la Máquina Universal, que gracias a la idea de programación puede realizar cualquier cálculo o procedimiento efectivo imaginable, es decir, simular el comportamiento de cualquier otra máquina de Turing.

Lo interesante de esta perspectiva se halla en que el concepto de computabilidad goza de la propiedad de ser absoluto o universal, en el sentido de que no depende de formalismos particulares o realizaciones físicas, por lo que la idea de máquina asociada a éste abarca cada máquina de Turing concebible tanto en un plano físico como abstracto.

La tesis de Turing plantea así implicancias significativas para la idea de máquina y, por lo tanto, presenta nuevos desafíos sobre las posibilidades de la constitución de un mecanicismo real. Desde esta perspectiva, hay dos caminos desde los cuales se puede pensar el trabajo de Turing. Por un lado, Turing extiende la noción de máquina al volverla más abstracta, permitiendo que se aplique a una variedad más amplia de sistemas. Por otro lado, la hace mucho más precisa a través de la matematización, y permite demostrar propiedades que satisfaría cualquier mecanismo. En tanto que la precisión de la noción de máquina habilita a establecer límites absolutos a cualquier mecanismo posible - por primera vez en la historia del mecanicismo- la extensión de la noción de mecanismo, sobre todo de mecanismos de cálculo, plantea el problema de postular como mecánicas entidades que no eran consideradas como tales. Una de las consecuencias indeseadas de este estado de cosas es la aparición del problema del pan-computacionalismo, es decir, la tesis de que cualquier sistema suficientemente complejo computa cualquier programa.

La redefinición de la idea de máquina, conlleva, necesariamente, una redefinición de la idea (o ideal) de mecanicismo. Judson Webb (1980), atento a la nueva idea de máquina que arroja el análisis de Turing, sostiene la posibilidad de un nuevo y revitalizado mecanicismo, uno que ya no estaría modelado por máquinas físicas particulares, sino por el modelo abstracto y más general de procedimiento efectivo o Máquina Universal.

Es corriente encontrar en las discusiones sobre mecanicismo (o mecanicismo cognitivista) la noción de máquina de Turing y la vinculación de ella con la de computabilidad, pero aquella

noción es limitada para nuestro propósito, puesto que cada Máquina de Turing corresponde a una máquina en particular de una serie infinita de máquinas y en este sentido cada una de ellas es una máquina de propósito particular. Nuestra propuesta es pensar los conceptos de computación y procedimiento efectivo en relación, no con la noción de una Máquina de Turing, sino con la noción de Máquina Universal, esto es, una máquina programable, de propósito general, una máquina que puede hacer cualquier cosa que cualquier otra máquina de Turing pueda hacer. La universalidad del concepto aporta así una nueva y necesaria flexibilidad al modelo mecanicista, dado que, como Turing ha apuntado, un procedimiento mecánico es, simple y literalmente, un procedimiento que puede ser desarrollado por una máquina (Turing, 1939: 160).

La tesis mecanicista fundada en el concepto de procedimiento efectivo

Una de las áreas de debates más acalorados asociados a la noción de computación es la de la filosofía de la mente. La pregunta realizada por el mismo Turing, acerca de si las computadoras pueden pensar, parece haber generado una reacción antropocéntrica desmedida, dando cuenta quizá de que, más allá de las dificultades hasta en la mera enunciación de la pregunta, algunos autores quieren dejar claramente manifiesta su pasión intelectual, inimitable esta última por parte de las frías y programables máquinas.

La identificación de la noción de procedimiento efectivo con la de procedimiento mecánico que se desprende del análisis de Turing nos aporta una idea precisa acerca del alcance y límites de lo que una máquina lógica puede hacer, por lo tanto la discusión sobre la posibilidad de una tesis mecanicista sobre la cognición debe ser re-considerada a la luz de los resultados de la teoría de la computabilidad.

De acuerdo a Copeland y Shagrir (2012) hay dos enfoques sobre el concepto de computabilidad y su relación con la facultad humana del pensamiento: el cognitivismo y el anti-cognitivismo. El cognitivismo supone que las condiciones restrictivas del concepto de computabilidad tal y como lo presentó Turing (básicamente finitud y determinismo) reflejan las limitaciones de las capacidades cognitivas humanas. El anticognitivismo, por el contrario, no afirma que las restricciones sobre el concepto de computabilidad correspondan a limitaciones en las capacidades cognitivas humanas, en su lugar sostiene que las restricciones del análisis de Turing corresponden al ámbito estrictamente lógico-matemático y esto se sostiene con independencia de las capacidades humanas.

Más allá de la disputa planteada entre los dos enfoques, ambos colocan a la cognición humana como paradigma de razonamiento (de allí su designación) ambas concuerdan con el concepto lógico-matemático de computación efectiva y el análisis efectuado por Turing, pero disienten en las consecuencias que esto tiene en relación con el ideal de pensamiento humano. Nosotros apelamos a una relativización de esta confrontación, nuestra posición exige más bien, una redefinición de las bases, no partimos del supuesto de la superioridad del pensamiento por sobre los cálculos efectivos, no asumimos el proyecto de que el cálculo efectivo se asimile al pensamiento humano, por lo que la distinción desde nuestro punto de vista no debe darse en

términos de cognitivismo y anti-cognitivismo, sino en términos de lo efectivo y lo no efectivo.

Contamos, gracias a la teoría de la computabilidad, con una noción precisa acerca de lo que puede ser computado siguiendo métodos efectivos y, mediante la tesis de Turing, lo computable establece los límites de lo mecanizable. En vez de reintroducir peligrosas metáforas antropomórficas que terminan por deslizar prejuicios no fundados, proponemos pensar la tesis mecanicista no desde el concepto de pensamiento, sino desde el concepto más preciso de computación efectiva. Esto tiene como consecuencia una redefinición del problema, ya no partimos de la clásica oposición cartesiana máquina/humano, pensamos en el cálculo efectivo en términos absolutos, sin la dependencia de la realización física particular, aunque susceptible de ella. Esta perspectiva nos permite replantear algunas críticas anti-mecanicistas.

Algunas críticas anti-mecanicistas a la luz del concepto de computación efectiva

Determinismo → Predecibilidad

En las discusiones históricas acerca de los límites de lo mecanizable, no había una noción precisa que permitiera formalizar, y menos demostrar, dichos límites. Un ejemplo de esto fue el prejuicio, enunciado por Descartes, de que las mentes no pueden ser mecanismos dado que estos últimos son deterministas y, por lo tanto, predecibles. El problema aquí está en el conectivo “por lo tanto”.

Las consecuencias de la solución negativa del *Entscheidungsproblem*, muestran la posibilidad de construir mecanismos que sean al mismo tiempo deterministas y demostradamente impredecibles. A diferencia de las expectativas de los matemáticos anti-mecanicistas para quienes una solución positiva al *Entscheidungsproblem* habría reforzado la hipótesis mecanicista, se constata que en realidad habría establecido una separación drástica entre mecanismos y mentes, pues una solución positiva hubiera constatado la relación de implicación entre determinismo y predecibilidad sostenida por Descartes en el siglo XVII y difundida desde entonces -incluso hasta la actualidad-, mientras que la solución negativa efectivamente encontrada por Turing habilita una nueva concepción mecanicista capaz de albergar objetos complejos e impredecibles como las mentes.

El resultado de indecidibilidad recursiva muestra entonces que, ya sea que se trate de humanos o de máquinas, la única posibilidad de describir su comportamiento es *a posteriori*, no hay nada esencialmente humano en el hecho de ser impredecibles. El concepto de efectividad empleado en tal argumento permite diluir, por primera vez y de un modo certero, esta frontera “infranqueable” trazada por siglos, a la vez que aporta un apoyo sólido a la tesis de Turing según la cual no hay distinción entre el proceder efectivo de una máquina y el de un ser humano.

Las capacidades deductivas de la mente

En las discusiones sobre el mecanicismo actual hay una confusión frecuente acerca de la posibilidad de que existan conjuntos o procesos no efectivos accesibles a la mente humana. El argumento clásico corresponde a Lucas (1963), quien sostiene que el poder deductivo de

la mente sobrepasa el de cualquier máquina, o sea, que la mente humana puede demostrar más cosas que cualquier máquina especificable. Asociada a esta idea se encuentra la discusión actual sobre las dos aproximaciones a la idea de computabilidad, la cognitivista y la anti-cognitivista, Copeland y Shagrir (2013) exploran las diferencias entre los dos enfoques a partir de la siguiente pregunta: ¿cuáles serían las consecuencias para la extensión del concepto de computabilidad si se descubriese que la facultad de cálculo humana sobrepasa los límites de la computabilidad? o sea, si se descubriese que un ser humano es capaz de calcular los valores de funciones que no son Turing-computables.

Hay un impedimento inicial en ambos planteos, tanto para dar una respuesta sólida a la pregunta de Copeland y Shagrir como para constatar la tesis de Lucas habría que demostrar que el conjunto de teoremas que produce la mente no es recursivamente enumerable. Éste es el mismo problema que se presenta en el planteo de la posibilidad de la hipercomputación, y en consecuencia, la respuesta puede ser la misma (Cf. Davis, 2004).

Si consideramos a la mente fenomenológica como con una posibilidad finita de experiencias, sería imposible distinguir si dicha mente podría acceder o no a conjuntos o procesos no efectivos, dado que para cualquier observación finita de un sistema existen programas computables que producen idénticos resultados. Esto significa que sólo se podría postular o demostrar la existencia de dichos procesos a partir de un análisis del mecanismo que los produce, lo cual implicaría que una negación de la tesis física de Church-Turing daría lugar a una negación de la tesis matemática.

A modo de conclusión

Más allá de que la disputa acerca de la posibilidad de una explicación completamente mecánica de la mente está aún por saldarse, por lo cual los análisis filosóficos acerca de la tesis de Church-Turing aún arrojan resultados incongruentes entre sí, consideramos que la articulación de las consecuencias de esta nueva idea de lo mecánico para la filosofía en general está lejos de haberse agotado. Parece importante dilucidar cómo una noción extendida y precisa de mecanismo, planteada a la luz de la noción de procedimiento efectivo, puede aclarar los alcances y límites del revitalizado mecanicismo actual.

Por otra parte, explorar las posibilidades acerca de un modelo mecánico de la mente a la luz de los resultados de la computabilidad en general, y de la tesis de Turing, en particular, inaugura una nueva línea de discusión aún poco explorada, cuyo análisis se centra en la noción metamatemáticamente precisa de *procedimiento efectivo* en vez de en la equívoca noción de *pensamiento*.

Esto, claramente, no implica una negación de las potencialidades de proyectos como los de la inteligencia artificial o algunas formas de computacionalismo en filosofía de la mente, simplemente es un llamado a repensar sus fundamentos, a reubicar las nociones de pensamiento o inteligencia humana en la relación tradicionalmente conflictiva, pero posiblemente co-constitutiva, entre el ser humano y las nuevas formas de la técnica planteadas por la ciencia de la computación.

Bibliografía

- CHURCH, A. (2013). A.M. Turing. On computable numbers, with an application to the *Entscheidungsproblem*. En S. Cooper y van Leeuwen (Eds.), *Alan Turing his Work and Impact*. Amsterdam: Elsevier (p. 119).
- COPLAND, B. Y SHAGRIR, O. (2013). Turing versus Gödel on Computability and the Mind. En B. Copeland, C. Posy y O. Shagrir (Eds.), *Computability: Turing, Gödel, Church, and Beyond*. Massachusetts: MIT Press (pp. 1 – 34).
- DAVIS, M. (2004) The myth of hypercomputation. En C. Teuscher (Ed.), *Alan Turing: Life and Legacy of a Great Thinker*, Berlín: Springer (pp. 195–212).
- DIJKSTRA, E. (1984). The threats to computer science. En *ACM 1984 South Central Regional Conference*. (pp. 16-18)
- GANDY, R. (1988) The Confluence of Ideas in 1936. En R. Herken, R. (ed), *A half-century survey on The Universal Turing Machine*, New York: Oxford University Press (Pp. 55-11)
- GÖDEL, K.(1990) Remarks before the Princeton bicentennial conference on problems in mathematics. (1946). En K. Gödel. *Kurt Gödel: Collected Works Vol. II*, New York: Oxford University Press (pp. 150 – 153).
- GÖDEL, K. (1995). Undecidable diophantine propositions (*193?). En: GÖDEL, Kurt. *Kurt Gödel: Collected Works Vol. III*, New York: Oxford University Press (pp. 164 – 174).
- HILBERT, D. Axiomatic thought (2005). En W. Ewald (Ed.) *From Kant to Hilbert: A Source Book in the Foundations of Mathematics. Vol. 2.* Oxford:Clarendon Press(pp.. 1105-1115).
- HODGES, A. (1988). Alan Turing and the Turing Machine. En R. Herken (Ed), *A half-century survey on The Universal Turing Machine*, New York: Oxford University Press (pp. 3-15).
- LEIBNIZ, G. y LOEMEKER, L. (Ed.) (1989). *Philosophical Papers and Letters*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1989.
- LUCAS, J. (1963) Minds, machines and Gödel. En M. Kenneth y Fedrick, J. (Eds.). *The Modelling of Mind. Computers and Intelligence*. Notre Dame: Notre Dame Press (pp. 255-271).
- PRIESTLEY, M. (2011). *A Science of Operations. Machines, Logic and the Invention of Programming*, London: Springer, 2011.
- SIEG, W. (1991). *Mechanical Procedures and Mathematical experience*. Pittsburgh: Carnegie Mellon University, 1991.
- TURING, A. (1965) On Computable Numbers, with an Application to the *Entscheidungsproblem* (1936). En M. Davis (Ed.) *The Undecidable: Basic Papers on Undecidable Propositions, Unsolvability Problems, and Computable Functions*. New York: Raven Press (pp. 115 – 151).
- TURING, A. (1965) Systems of Logic Based on Ordinals (1939). En M. Davis (1965) (pp. 155 – 222).
- TURING, A. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind* LIX (236): 433-460.
- WEBB, J. (1980) *Mechanism, Mentalism, and Metamathematics*. Dordrech: Reidel Publishing Company.

La estructura normativa de la ecología y la irrupción de la problemática ambiental global

Federico di Pasquo^{*}, *Gabriela Klier*[†]

1. Introducción

La intrincada coyuntura dada por la problemática ambiental (PA) ofrece un punto de encuentro para una diversidad de grupos ambientalistas, disciplinas e instituciones. Entre algunas de las áreas del conocimiento que se han referido a dicha problemática se pueden mencionar por ejemplo a la biología, la filosofía, la antropología, la historia, la economía, entre otras. A la vez, entre las instituciones involucradas a atender a la PA se pueden considerar distintas ONG, universidades, los Estados Nación, medios de comunicación, corporaciones multinacionales, etc. Este primer panorama dado por el conjunto de grupos ambientalistas, disciplinas e instituciones permite reconocer el nivel de injerencia que ha tenido el tema de la PA, sobre todo desde mediados del siglo XX (di Pasquo 2013). Es bajo este escenario, que trataremos de profundizar sobre la relación entre la PA y la ecología disciplinar, de aquí que proponemos la siguiente pregunta como horizonte problemático: ¿La coyuntura generada a partir de PA pudo haber afectado el desarrollo epistémico de la ecología? Para reflexionar sobre esta última pregunta recurrimos al estudio de las normas, el cual no es novedoso en los análisis meta-teóricos de las ciencias naturales. Fue Robert Merton unos de los primeros en impulsar la idea de que estas ciencias podían ser indagadas, no tanto como un acervo de conocimientos o un conjunto metodologías sino más bien, como un tejido de normas que hacen de las disciplinas una institución social. En esta dirección, sostenemos como hipótesis de trabajo qué: el contexto de la PA colaboró dando “forma” a la dimensión epistémica de la ecología mediante la acción de cierta norma cultural. Dicha norma, operó sobre un recorte del continuo de las dimensiones físicas privilegiando aquellas magnitudes espaciales grandes o incluso *globales*. De cuanto hemos dicho, se sugiere entonces que cierta pauta referida a la dimensión espacial, guió un conjunto de transformaciones epistemológicas al seno de la ecología durante la década de 1980.

La estructuración del trabajo vino dada por cinco apartados. En el segundo, indagamos en la categoría de norma, destacando cierta relación entre dicha categoría y el análisis de las ciencias naturales. En el tercer apartado, introducimos la norma cultural referida a la dimensión espacial, propia del contexto de la PA. Sobre el cuarto apartado, central a los fines de este trabajo, analizamos el ingreso de esta norma al seno de la ecología, mediante la incorporación de dos novedades epistémicas para la disciplina: la noción de escala y la teoría jerárquica. Finalmente, ofrecemos algunas consideraciones finales.

* Universidad de Buenos Aires, CONICET. dipasquof@yahoo.com.ar

† Universidad de Buenos Aires, CONICET. gabrielaklier@gmail.com

2. La estructura normativa de las ciencias

Actualmente, en los estudios sociales de las ciencias (y en otros análisis meta-teóricos) se encuentra ampliamente aceptado que una disciplina pueda ser indagada mediante la acción de un conjunto de normas que guían u orientan su actividad científica. De aquí que resulta conveniente estudiar con mayor profundidad la noción de norma, tal de poder comprender el nivel de injerencia que ha tenido dicha categoría en estos estudios dirigidos sobre todo a las ciencias naturales.

2.1 La categoría de norma y el requisito de generalidad – Emile Durkheim, fue quien propuso originalmente la categoría de norma y es en su libro titulado “Las reglas del método sociológico”, donde este autor ofrece ciertas precisiones sobre dicha noción. En esta obra, Durkheim reconoce dos ordenes de “hechos” diferentes, que serán de utilidad para nuestro trabajo: “los que son todo lo que deben ser y los que deberían ser distintos de lo que son, los fenómenos normales y los fenómenos patológicos”. (Durkheim 1996, p. 68). Esta distinción entre los fenómenos normales y patológicos (o anormales), va a venir acompañada de cierto requisito inmediatamente “perceptible”:

En lugar de determinar en un solo movimiento las relaciones del estado normal y de su contrario con las fuerzas vitales, procuremos simplemente hallar un signo exterior, inmediatamente perceptible, pero objetivo, que nos permita distinguir entre dos ordenes de hechos.

Todo fenómeno sociológico [...] al mismo tiempo que continúa siendo esencialmente él mismo, puede revestir formas diferentes según el caso. Pero estas formas pueden clasificarse en dos clases. Unas son generales para toda la especie; las hallamos, si no en todos los individuos, por lo menos en la mayoría de ellos [...]. Otras, por el contrario, son excepcionales [...] aparecen únicamente en la minoría [...]. Por lo tanto, estamos frente a dos variedades diferenciadas de fenómenos, y es necesario designarlas con distintos términos. Llamaremos normales a los hechos que exhiben las formas más generales, y asignaremos a los restantes el nombre de mórbido o patológico. (Durkheim 1996, p. 75-76)

Acorde con la cita presentada, Durkheim propone que todo fenómeno considerado normal lo es, en tanto y en cuanto se registra cierto orden de *generalidad* para dicho fenómeno. Es decir, debe poder rastrearse dicho fenómeno para una parte importante de la población considerada. Por el contrario, los fenómenos anormales (o patológicos) resultan sólo en uno pocos casos de la misma población. Acorde con esta aproximación, la categoría de norma fue inmediatamente asociada a una propiedad que refiere a un conjunto social dado, es decir, la propuesta de Durkheim “...hizo ver claramente que este concepto [el de norma] se refería a una propiedad de la estructura social y cultural...” (Merton 2013, 240). Así, al volver sobre nuestro trabajo, indagaremos cierta norma que fue inherente al conjunto social dado por la coyuntura de la PA.

2.2 Normas y ciencias naturales – La categoría de norma fue retomada y reformulada por Robert Merton. En particular, se puede hacer mención de dos importantes apartados de su libro “Teoría y estructuras sociales” (1949), donde elabora su propia teoría de la anomia. Estos

apartados son: “Estructura social y anomia” y “Continuidades en la teoría de la estructura social y la anomia”. Pero más importante aún, a los fines de nuestro trabajo es el artículo titulado: “La estructura normativa de la ciencia” (1942). Es en este último, que el autor no sólo recurre a esta categoría de norma sino que además, la misma es utilizada para ofrecer un nuevo modo de abordar las ciencias naturales. Es decir, serán las normas (y los valores) culturales, aquellas que “gobiernen” las actividades de dichas ciencias. En esta dirección, Merton mencionaba:

<<Ciencia>> es una palabra engañosamente amplia que se refiere a una variedad de cosas distintas, aunque relacionadas entre sí. Comúnmente, se la usa para denotar: (1) un conjunto de métodos característicos mediante los cuales se certifica el conocimiento; (2) un acervo de conocimiento acumulado que surge de la aplicación de estos métodos; (3) un conjunto de valores y normas culturales que gobiernan las actividades científicas; (4) cualquier combinación de los elementos anteriores. (Merton 1977b, p. 356)

Es a partir de la propuesta mertoniana, que se establece una nueva perspectiva para abordar las ciencias naturales, más allá de las propuestas “clásicas” de considerar a las disciplinas como un conjunto de métodos que certifican el conocimiento o bien, como un acervo de conocimiento acumulado. Esta nueva perspectiva, ha sido tan exitosa que persiste en la actualidad:

...Merton afirmó con toda claridad que la ciencia tiene una componente axiológica y que no se reduce a conocimiento y método, contrariamente a lo que el positivismo lógico mantenía desde los años 30. Si nos centramos en esa tercera componente, como hizo Merton, hay que subrayar que hablaba de *valores y normas culturales* [...]. (Echeverría 2004, p. 40)

A pesar de la vigencia del enfoque mertoniano, cabe reconocer cierta discrepancia respecto de la propuesta original. En este sentido, hoy se reconoce que la acción de una norma no es taxativa o determinante, en todo caso la acción de la norma se da por medio de una orientación de la actividad científica: “En los estudios de axiología de la ciencia también se vinculan los valores, las normas y las acciones humanas, pero suelen utilizarse términos más suaves: los valores y las normas orientan (o rigen) las acciones científicas.” (Echeverría 2004, p. 40). Por último, vale agregar que en este trabajo, adherimos a la estrategia mertoniana de comprender la actividad científica mediante el estudio de las normas que la rigen.

2.3 Normas y conocimientos científicos - Uno de los puntos más relevantes de nuestra argumentación se dirige a poner en evidencia el modo en que cierta norma orientó el *conocimiento científico*¹ de una disciplina (en particular el de la ecología). En este sentido, la acción de la norma que presentaremos tiene una “alcance” sobre la dimensión epistémica de la ecología es decir, orientó la elección de conceptos y teorías inherentes a esta disciplina. Con todo, esta posición referida al estudio del conocimiento que produce una ciencia, mediante la acción de una norma no se reconoce en la propuesta original de Merton. Para este autor, las herramientas teórico-conceptuales de una disciplina se encuentran exentas de toda determinación “externa” a esa ciencia: “En la ciencia, el centro de atención puede estar socialmente determinado, pero no, presumiblemente, sus herramientas conceptuales” (Merton 1977a, p. 63). Según Merton,

sólo habría determinaciones normativas (y valorativas) al seno de las instituciones científicas y en sus individuos. Sin embargo, recientemente la propuesta mertoniana ha sido reformulada y ampliada para admitir el análisis de los conocimientos científicos:

Por nuestra parte consideramos que no solo hay valores [y normas] en las instituciones científicas, también en el propio conocimiento científico y en las diversas acciones que lo generan. Los valores de la ciencia no solo impregnan a las comunidades científicas y a las personas: las diversas acciones científicas y sus resultados han de satisfacer dichos valores para que sean admisibles. La axiología de la ciencia tiene un aspecto social, pero plantea desafíos más amplios, que solo pueden ser abordados mediante una investigación interdisciplinar. (Echeverría 2004, p. 41)

En la misma dirección, León Olivé mencionaba:

Es decir, la mayor parte de la seminal obra mertoniana se conforma con la actitud tradicional que distingue las tareas de la sociología del conocimiento de las de la teoría del conocimiento como disciplina filosófica, actitud asumida tanto por filósofos como por científicos sociales, en el sentido de que los problemas de la dimensión social del conocimiento y los de la naturaleza y validez del conocimiento son muy diferentes y deben tratarse por separado. Los primeros deberían constituir el legítimo objeto de estudio de la sociología del conocimiento, mientras que los segundos deberían ser exclusiva preocupación de la teoría del conocimiento. (Olivé 2004, p. 63)

A partir de las dos últimas citas presentadas, se sugiere que los conocimientos producidos (y aceptados) al seno de una disciplina, deben satisfacer en alguna medida, el entramado de normas culturales vigentes en esa disciplina. De aquí que la propuesta original de Merton, que se ocupó de distinguir por un lado, la dimensión social del conocimiento (vinculada a una sociología de la ciencia) y por otro, la naturaleza y la validez de los conocimientos (relacionado a la filosofía de la ciencia), se desdibujan. En esta línea argumental, se sostiene que en las últimas cuatro décadas del siglo XX, “...tanto conceptos sociológicos como conceptos epistemológicos [...] se encuentran estrechamente relacionados...” (Olivé 2004, p. 63). De cuanto hemos dicho, en el presente trabajo descansaremos sobre esta última posición, donde los conocimientos se encuentran “atravesados” por determinaciones socio-culturales (como por ejemplo, una norma).

3. Una norma cultural sobre la dimensión espacial

A partir de las consideraciones de Merton, y de sus valores institucionales (universalismo, comunismo, desinterés y escepticismo organizado) diversos tipos de normas han sido propuestas al seno de las ciencias: normas epistémicas, económicas, tecnológicas, políticas, militares, jurídicas, estéticas, religiosas, morales y culturales (Echeverría 2004). En particular en este ensayo, consideraremos una norma de orden cultural. Dicha norma, se encuentra referida a la dimensión espacial y en rigor, se trata de una norma que prescribe un recorte preferencial de la dimensión espacial. Dicho con otras palabras, la norma sobre la que trabajaremos guío

un recorte preferencial de las dimensiones espaciales más grandes (sean estas, dimensiones regionales, continentales o bien, *globales*). En relación con la dimensión espacial (a la cual hace referencia la norma de interés), Norbert Elias destacaba en su libro “Sobre el tiempo” (1984), que: “... ‘tiempo’ y ‘espacio’ pertenecen a los medios básicos de orientación de nuestra tradición social.” (p. 116). Es decir, la dimensión espacial resulta fundamental al seno de una cultura dada, en tanto y en cuanto, permite operaciones básicas: hace posible la orientación, ubicación y disposición de los individuos, de los objetos y de los fenómenos respecto del entorno circundante. Por lo tanto, a partir de reconocer la importancia de la dimensión espacial para nuestra tradición social, se pone en evidencia cierta relevancia de la norma aquí considerada. Esta norma de orden cultural, la designaremos con el nombre de norma *global* a los fines de simplificar la narración.

A continuación presentamos dos propuestas académicas, en las cuales es posible reconocer cierta conformidad con la norma *global* recién mencionada. Dichas propuestas pertenecen a Edgar Morin, dentro del área de la filosofía ambiental y a James Lovelock en el área de las ciencias de la Tierra. Ya desde la década de 1970, Morin alertaba sobre la situación ambiental, y adelantaba la idea de que dicha problemática precisaría de una reflexión que interrogue a todos los aspectos de la vida en sociedad. Así, en un artículo que ha cobrado cierto renombre en el contexto de la PA, titulado “El pensamiento ecológico” (1989), Morin mencionaba: “Con más rapidez e intensidad que todas las demás tomas de conciencia contemporáneas, las tomas de conciencia ecológicas nos acostumbran a no abstraer nada del horizonte global, a pensarlo todo en la perspectiva planetaria.” (Morin 2008, p. 44-5). Y un poco más adelante, agregaba: “Para lo mejor y para lo peor, todo lo que acontece en una parte del globo tiene un alcance planetario. Todo devenir local se halla en interretroacción creciente en y con el contexto global.” (Morin 2008, p. 48). Con relación a estos pasajes, resulta interesante destacar que la “conciencia ecológica” considerada por este autor, aparece planteada en un horizonte *global*. De aquí que pueda sugerirse, a partir de dicha propuesta, cierta conformidad con un recorte de la dimensión espacial, un recorte que involucró una dimensión planetaria.

En el célebre libro “Gaia, una nueva visión de la vida sobre la Tierra” (1979), de Lovelock, también puede reconocerse cierta conformidad con una dimensión planetaria. Según este autor los viajes espaciales han aportado una gran cantidad de datos sobre la atmósfera y la superficie de la Tierra. Datos que habilitaron una comprensión “...de las interacciones existentes entre las partes orgánicas y las inertes del planeta.” (Lovelock 1985, p. 7). Fue sobre la base de estos nuevos datos, que Lovelock propuso la hipótesis según la cual, la materia viviente de este planeta, su aire, sus océanos y la superficie del planeta “...forman un sistema complejo al que puede considerarse como un organismo individual capaz de mantener las condiciones que hacen posible la vida en nuestro planeta. (p. 9)”. En esta dirección, puede leerse:

La búsqueda de Gaia es el intento de encontrar la mayor criatura viviente de la Tierra. Nuestro peregrinaje quizá no revele otra cosa que la casi infinita variedad de formas de vida surgidas en el seno de la transparente envoltura de aire que constituye la biosfera. Pero si Gaia

existe, sabremos entonces que los muy diferentes seres vivos que pueblan este planeta, especie humana incluida, son las partes constitutivas de una vasta entidad que, en su plenitud, goza del poder de mantener las condiciones gracias a las cuales la Tierra es hábitat adecuado para la vida. (Lovelock 1985, p. 13)

Siguiendo estos pasajes, puede sugerirse que la propuesta de Lovelock también descansa en una perceptiva *global*. Es decir, se puede rastrear en la idea de esa “vasta entidad” que este autor propone, el mismo recorte de la dimensión espacial que hace Morin, un recorte planetario². De cuanto hemos dicho, se sugiere que la norma *global* cumple con el requisito de *generalidad* antes mencionado (sección 2.1). Con otras palabras, la norma considerada puede reconocerse en diferentes discursos vinculados con la PA es decir, se encuentra en una parte importante de la “población de discursos” que circularon por el contexto abierto por la PA³. Aquí es pertinente agregar que dicha norma fue recreada en otros discursos tales como: el derecho ambiental, la ética ambiental o la ecología política (véase di Pasquo 2013) como también, en ONGs (como el Club de Roma) y en programas internacionales (como el Panel Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático) (véase di Pasquo *et al.* 2011) o bien, en las Declaraciones Ambientales de las Naciones Unidas (véase di Pasquo y Folguera 2012).

Hasta aquí hemos argumentado en favor de que este recorte de la dimensión espacial, que privilegió amplias regiones geográficas o bien, dimensiones planetarias se presentó como un suceso normal dentro del contexto de la PA. A continuación, analizaremos el modo en que la ecología disciplinar, mediante un conjunto de estrategias teórico-conceptuales, también privilegió un recorte de magnitudes espaciales amplias.

4. La norma *global* en la ecología disciplinar

Para fines de la década de 1970 y comienzos de la década de 1980, la ecología incorporaba a su “repertorio” de estrategias teóricas, la noción de escala espacio-temporal y la teoría jerárquica. La mención de estas estrategias, será fundamental para comprender la relación que se puede establecer entre la norma *global* (antes presentada) y la ecología disciplinar. A la vez, se hace imprescindible indagar estas estrategias teóricas, tal de entender las implicancias de su incorporación a la disciplina.

La noción de escala espacio-temporal, era entendida por los ecólogos de aquella época como: “La dimensión espacial o temporal de un objeto o un proceso...” (Turner *et al.* 1989, p. 246)⁴. Ahora bien, para poder profundizar sobre la noción de escala, vale la pena presentar una extensa cita de Carlos Reboratti:

Adoptar una escala [...] consiste en teoría en ubicarse mentalmente dentro de un *continuum* de dimensiones que va desde lo infinitamente grande (el Universo??) hasta lo infinitamente pequeño (al Átomo??). Pero este *continuum* no se nos ofrece directamente ante nuestra vista.

En realidad, una persona aislada tiene que optar por una fracción del mismo, determinada básicamente por el rango de uno de sus sentidos, el de la vista [...] En ese rango el hombre puede enfocar su vista y determinar los rasgos generales de lo que esta mirando. A medida que

el objeto se aleja, esa generalidad aumenta y los detalles se pierden y a medida que se acerca sucede lo contrario [...] En el entorno cotidiano del hombre existe entonces una adopción de escala y una definición mecánica del nivel de detalle, dado por un aparato como es el ojo. (2000, p. 37)

Acorde con la cita, una persona puede adoptar distintos “secciones” dentro del continuo de dimensiones físicas. Es decir, cuando observamos algún proceso o algún objeto (de interés ecológico en nuestro caso), nos ubicamos dentro de ese continuo que va desde las dimensiones más pequeñas hasta las más grandes. De este modo, el investigador elige (dentro de sus posibilidades) desde que “sección” de ese continuo aproximarse a su objeto de estudio. Esto mismo, que ha sido dicho para un observador puede indicarse para las disciplinas (Matteucci y Buzai 1998). En este sentido, la ecología hasta la década de 1980 adoptaba para sus investigaciones dimensiones físicas pequeñas (Schneider 2001). Con la incorporación de la noción de escala, la disciplina comienza a dirigir investigaciones sobre una variedad de escalas espaciales, “barriendo” con “todo” el espectro de dimensiones físicas.

El concepto de escala estuvo “íntimamente” ligado a la teoría jerárquica, que también se establecía en la ecología por la misma década (la de 1980). Entre algunos de los trabajos más salientes sobre la teoría jerárquica pueden mencionarse: el libro de Allen y Thomas Starr de 1982: *Hierarchy. Perspectives for Ecological Complexity* y el artículo de Hazel Delcourt, Paul Delcourt y Thompson Webb III de 1983: “Dynamic plant ecology: the spectrum of vegetational change in space and time”. Desde diferentes perspectivas, estos trabajos han colaborado con las bases conceptuales para el desarrollo de la teoría jerárquica (Turner *et al.* 2001).

Un trabajo importante vinculado a dicho marco teórico, fue también el de Hazel y Paul Delcourt publicado en el año 1988, “Quaternary landscape ecology: Relevant scale in space and time”. En éste (como en su trabajo de 1983 recién mencionado), los autores describieron una jerarquía anidada de dominios espacio-temporales. Dichos dominios fueron caracterizados por un conjunto de escalas, donde se pueden “ubicar” tanto fenómenos ambientales, respuestas ecológicas o bien, patrones de vegetación. En particular los autores reconocieron cuatro dominios diferentes: micro, meso, macro y mega-escala. De este modo, según las dimensiones físicas que se consideren relevantes para una investigación dada, puede ocurrir que se “caiga” dentro de alguno de estos dominios o bien, entre sus límites: “En cualquier estudio de caso particular, las dimensiones elegidas [...] estarían dentro de uno de estos dominios arbitrarios, o cruzarían los límites con el fin de arribar a una escala apropiada...” (Delcourt y Delcourt 1988, p. 25)⁵. A los fines de realizar una breve caracterización de estos dominios, los autores consideraron dimensiones temporales de 1 a 500 años y espaciales de 1 m² a 10⁶ m² para la micro-escala, de 500 a 1.000 años y espaciales de 10⁶ m² a 10¹⁰ m² a meso-escala, de 10.000 a 1.000.000 años y espaciales de 10¹⁰ m² a 10¹² m² para la macro-escala y, finalmente, dimensiones temporales de 1 millón de años a 4.6 billones de años y espaciales mayores a 10¹² m² para el dominio de mega-escala. En resumen, dichos autores propusieron una serie anidada de dominios espacio-temporales donde cada uno de los distintos fenómenos ecológicos, climáticos

o geomorfológicos característicos de esos dominios, quedaban integrados dentro del dominio siguiente conformando así, una jerarquía espacio-temporal anidada.

Ahora bien ¿Cual es el interés de introducir estas estrategias teóricas (el concepto de escala y la teoría jerárquica) con relación a la norma *global* introducida en el apartado anterior? Una respuesta que se abre como posible, es el de reconocer que por medio de estas estrategias la ecología pudo incorporar la norma *global*. Dado que la noción de escala y la teoría jerárquica, habilitaron que la disciplina dirigiera sus investigaciones sobre una variedad de dimensiones físicas, que incluyeron desde las escalas locales hasta las escalas regionales, continentales o bien, *globales* (Véase también, di Pasquo 2013; di Pasquo *et al.* 2011). De este modo, aquellas investigaciones ecológicas que descansaron sobre escalas espaciales de grandes magnitudes, parecen “satisfacer” la norma *global*. La cual, como ya hemos mencionado, guió un recorte de la dimensiones físicas, favoreciendo justamente a las dimensiones más grandes.

Consideraciones finales

Al volver sobre el recorrido trazado, se puede destacar que se trabajó sobre cierta norma de orden cultural. La misma, estuvo referida a la dimensión espacial y más específicamente a un recorte que involucró a las dimensiones espaciales más grandes. A su vez, la norma pudo ser rastreada en diferentes discursos vinculados con la PA (cumpliendo con el requisito de *generalidad*) es decir, fue transversal a una buena parte de los discursos que circularon en el contexto abierto por la PA. Dicha generalidad habilitó no sólo cierta homogeneización entre los distintos discursos sino también, propicio su “diálogo”. Solo por dar un ejemplo, las Declaraciones Ambientales de las Naciones Unidas refieren a problemas ambientales que descansan sobre dimensiones espaciales amplias que la ecología disciplinar puede abordar.

Reconocida la acción de esta norma cultural en el contexto de la PA, descansamos en la propuesta mertoniana la cual sostiene que una ciencia dada (en nuestro caso la ecología) puede ser entendida como un conjunto de valores y normas culturales que orientan sus actividades científicas. Con todo, no adherimos a la propuesta (también sostenida por Merton) de que debe distinguirse la dimensión social del conocimiento por un lado, y por otro, la dimensión epistémica, es decir la naturaleza y la validez de los conocimientos científicos. Por el contrario, sostuvimos que dicha división (representada a nivel disciplinar por la sociología de la ciencia y la filosofía de la ciencia) se desdibuja. Esto último encontró su justificación, en que los conocimientos de la ecología (se trate de la noción de escala o de la teoría jerárquica) que emergieron en el contexto de la PA, satisfacen las necesidades de la norma sugerida. Es decir, la ecología incorporo a su repertorio teórico, dos estrategias mediante las cuales fue posible abordar escalas espaciales de grandes magnitudes. Siendo ello correlativo a las “necesidades” de una norma de orden cultural. Dicho con otras palabras, el conocimiento de la ecología se encontró estructurado o pautado por cierta norma que descanso por “fuera” de su dominio de “cientificidad”.

Notas

1. Por conocimiento científico, entendemos el conjunto de teorías o conceptos de una disciplina, aceptados por la comunidad de científicos en un momento determinado (dimensión epistemológica). Es importante aquí, no confundir conocimiento científico con ciencia. Es decir, una dimensión de la ciencia viene dada por el acervo de conocimiento que esta produce, pero la ciencia no debe ser reducida a esta dimensión.

2. Alcanzado este punto conviene destacar que entre las dos perspectivas introducidas (Morin y Lovelock), se pueden esperar diferencias tanto epistemológicas, como ontológicas. Ahora bien, a lo fines del trabajo resulta fundamental precisar en que medida pueden estas dos perspectivas ser “acercadas”. Para ello debe insistirse en que en ambos casos se aborda (al nivel del discurso) el mismo tema: la PA. A su vez, se agrega que dicho tema recibió un recorte espacial de orden *global*, recorte que independientemente de las diferencias resultó ser común a los autores indagados.

3. Debe llamarse la atención de que la categoría de norma (y su requisito de generalidad) han sido corregidos respecto de las fuentes aquí consideradas. De esta manera, dicha categoría ya no se encuentra dirigida a legitimar el conocimiento sociológico (Durkheim), sino más bien a destacar la *generalidad* de la marca *global* en la PA. En este sentido, la siguiente cita puede ser esclarecedora: “Por apropiación práctica entiendo el esfuerzo de aplicación de ciertos conceptos al análisis de un objeto empírico o bien de un problema teórico específico. En el transcurso de ese esfuerzo, los conceptos necesariamente se alteran, se transforman, se corrigen.” (Verón 1974, p. 113).

4. Cita original: “The spatial or temporal dimension of an object or process...” (Turner *et al.* 1989, p. 246).

5. Cita original: “In any particular case study, the dimensions chosen for study may be within one of these arbitrary domains, or they may cross the boundaries in order to arrive at an appropriate scaling...” (Delcourt y Delcourt 1988, p. 25).

Bibliografía

- ALLEN, T. F. H. y STARR, T. B. (1982). *Hierarchy: Perspectives for ecological complexity*. Chicago and London: The University of Chicago Press.
- DELCOURT, H. R.; DELCOURT, P. A. y WEBB, T. III. (1983). “Dynamic plant ecology: The spectrum of vegetational change in space and time”. *Quaternary Science Reviews*, 1: 153-75.
- DELCOURT, H. R. y DELCOURT, P. A. (1988). “Quaternary landscape ecology: Relevant scales in space and time”. *Landscape Ecology*, 2(1): 23-44.
- DI PASQUO, F. M.; FOLGUERA, G. y ONNA, A. (2011). “La ecología disciplinar y la intrusión de la problemática ambiental: hacia la ‘percepción de fenómenos globales’”. *Observatorio Medioambiental*, 14: 21-39.
- DI PASQUO, F. M. y FOLGUERA, G. (2012). “Crisis ambiental y ecología disciplinar: entre obstáculos epistemológicos y metodológicos”. *Epistemología e Historia de la Ciencia*, vol. 18, (pp. 208-215). Centro de Investigaciones de la Facultad de Filosofía y Humanidades de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- DI PASQUO, F. M. (2013). “Una historia de las condiciones de aparición de la problemática ambiental y de sus efectos sobre la matriz de la ecología disciplinar”. *Scientiae Studia*, 11(3): 557-81.

- DURKHEIM, E. 1996. *Las reglas del método sociológico*. Buenos Aires: Ediciones Fausto.
- ECHEVERRÍA, J. E. (2004). “El *ethos* de la ciencia, a partir de Merton”. En Valero, J. (Ed.). *Sociología de la ciencia*, (pp. 31-56). España: Editorial EDAF.
- ELIAS, N. (1984). *Sobre el tiempo*. México: Fondo de Cultura Económica.
- LOVELOCK, J. E. 1985. *Gaia, una nueva visión de la vida sobre la Tierra*. Argentina: Ediciones Orbis, S. A.
- MATTEUCCI, S. D. y Buzai, G. D. (1998). *Sistemas ambientales complejos: herramientas de análisis espacial*. Buenos Aires: Eudeba.
- MERTON, R. K. (2013). *Teoría y estructura sociales*. México: Fondo de Cultura Económica.
- MERTON, R. K. (1977a). *La sociología de la ciencia, 1*. Ed. Storer, N. W. Madrid: Alianza Editorial.
- MERTON, R. K. (1977b). *La sociología de la ciencia, 2*. Ed. Storer, N. W. Madrid: Alianza Editorial.
- MORIN, E. (2008). “El pensamiento ecologizado”. En Morin, E. y Hulot, N. (Ed.). *El año I de la era ecológica*, (pp. 25-50). España: Paidós,
- OLIVÉ, M. L. R. (2004). “De la estructura normativa de la ciencia a las prácticas científicas”. En Valero, J. (Ed.). *Sociología de la ciencia*, (pp. 57-80). España: Editorial EDAF.
- REBORATTI, C. (2000). *Ambiente y sociedad. Conceptos y relaciones*. Buenos Aires: Ariel.
- SCHNEIDER, D. C. (2001). “The Rise of the Concept of Scale in Ecology”. *BioScience*, 51(7): 545-54.
- TURNER, M. G.; DALE, H. V. y GARDNER, R. H. (1989). “Predicting across scales: Theory development and testing”. *Landscape Ecology*, 3(3/4): 245-52.
- TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. Y O’NEILL, R. V. (2001). *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process*. New York: Springer-Verlag.
- VERÓN, E. (1974). “Acerca de la producción social del conocimiento: el “estructuralismo” y la semiología en Argentina y Chile”, *Lenguajes*, nº 1, pp. 96-125.

Boceto de un programa para una economía más realista: Precisiones para una posición epistemológica alternativa

*Pablo Ariel Diaz Almada **

Introducción

En el presente trabajo nos proponemos destacar componentes epistemológicos esenciales de la llamada escuela poskeynesiana, una perspectiva alternativa a la posición dominante o *mainstream* en economía. La razón se debe a que la visión poskeynesiana cuenta con elementos representativos que caracterizarían de forma más fiable la inestabilidad y complejidad típicas de las economías capitalistas. Se ofrece un estudio de caso aplicando las características recabadas al fenómeno de la inflación. Advertimos que, aunque la definición de inflación es simple, se manifiestan amplias controversias desde las causas que la generan hasta las políticas para resolver el problema.

En el apartado siguiente se establecen cinco puntos de referencia por los cuales la visión poskeynesiana de la inflación permitiría superar algunas limitaciones de la teoría tradicional. Seguidamente se desarrolla el tratamiento que se asigna al estudio del fenómeno de la inflación distinguiendo ambas concepciones, intentando dilucidar los elementos antes mencionados. Por último, a modo de conclusión, se subrayan los aspectos positivos que ofrecería la posición epistemológica alternativa al *mainstream* y se propone un programa de investigación que opere como referencia en el debate sobre la práctica del desarrollo de la ciencia.

1) Elementos esenciales hacia la definición de una posición epistemológica

a) El surgimiento de propiedades emergentes, frente a la uniformidad individualista.

En la visión *mainstream* de la economía se elaboran teorías partiendo del análisis individual de los agentes. El análisis del individuo como consumidor, la empresa como productora de bienes y servicios, el trabajador como oferente de los servicios laborales, la empresa como demandante de factores productivos. Se establecen desde el inicio cuáles son las condiciones de comportamiento que la unidad individual debe cumplir, en un marco de restricciones previamente establecido.

Así se desarrolla la teoría donde, al suponer que todas las unidades individuales son iguales, para “descubrir” la conducta de unidades más agregadas y estudiar fenómenos de la economía donde intervienen grupos sociales, no hay más que sumar los comportamientos de los átomos o engranajes que componen dichos grupos. Tal es así que en estudios de macroeconomía es famoso el llamado “individuo representativo” del grupo humano, a través del cual la macroeconomía se convierte en una especie de microeconomía donde se analiza el proceder, las restricciones y las decisiones que tomará dicho individuo representativo de la sociedad. Esto se conoce como

* Universidad Nacional de Córdoba. diazalmada@gmail.com

“individualismo metodológico”¹. A través de dicho proceso, no surgen propiedades emergentes al pasar de un análisis individual a un nivel más agregado. El individuo representativo de la sociedad se comporta exactamente igual al individuo particular que conforma dicha sociedad.

Para la teoría poskeynesiana, generalmente son incorrectos los relatos analógicos entre lo micro y lo macro, porque no siempre se puede comparar lo que sucede a nivel de las distintas esferas; a medida que trabajamos en niveles más agregados surgen propiedades emergentes. Así, por caso, surgen las llamadas paradojas: La paradoja del ahorro de John M. Keynes que dice que es cierto que una familia si incrementa su ahorro, al incrementar su inversión, verá amplificada su riqueza. Pero para la comunidad, si se incrementa el ahorro nacional, el hecho es que se verá reducido el consumo del conjunto, por lo que, al caer la demanda agregada, la producción y el ingreso de la sociedad se verán disminuidos. O la paradoja de los costos de Michal Kalecki, que dice que para un empresario resulta rentable ahorrar en costos, incluido el laboral, en el proceso productivo, por lo que será provechoso para sus ingresos particulares una reducción del salario. Pero si todos los empresarios de la comunidad deciden reducir los costos laborales, ello irá en detrimento del poder de compra de los asalariados y, por ende, el poder de consumo se reducirá; por lo que todas las empresas de la sociedad verán reducido su nivel de ventas, siendo en consecuencia una medida perjudicial tomada por el conjunto de empresarios.

Por tanto, es posible destacar que en muchos fenómenos económicos, para la visión poskeynesiana, surgen características en determinados grupos de agentes que, al asociarse, fundamentan o explican el fenómeno bajo estudio. Dichos grupos son cruciales para elaborar la secuencia de causalidades en el proceso. Mientras que para una visión individualista no es posible destacar ningún engranaje de la máquina, puesto que todos funcionan de una misma manera.

b) La visión historicista, frente a la visión analítica.

En las explicaciones mecanicistas se puede observar la presencia de un esquema de pensamiento directo, en el sentido de la ubicuidad de la fórmula “si x entonces y”. Este es el punto que Lawson (2003: 247 y ss) más critica de la posición dominante, porque con su insistencia en la aplicación de la modelización matemática de los fenómenos económicos, pretende con un sistema cerrado comprender un mundo que a las claras es abierto. Por lo que el objeto de estudio presenta propiedades que hacen que tal modelización no sea la más apropiada. La insistencia en el método se debe a que la corriente de pensamiento que domina la ciencia está más preocupada en que el modelo matemático “cierre” y no tenga incongruencias internas, que en el esfuerzo en explicar los hechos tal como ocurren en la sociedad. El instrumentalismo ampliamente aceptado en la corriente dominante es paradigmático en tal sentido. Milton Friedman, padre del monetarismo, decía que no importan los supuestos que se realicen al elaborar los modelos en economía, sino que lo que hace que una teoría sea descartada o no, es la capacidad predictiva de dichos modelos. Para poder predecir se utiliza el método matemático. Pero, como realmente son pocos los eventos sociales que pueden matematizarse, más aún bajo los esquemas y axiomas que dogmáticamente impone el *mainstream*, muchos fenómenos se dejan de lado para que

otra ciencia se ocupe de ellos, es decir sin dedicarle recursos al desarrollo de su conocimiento, simplemente por el hecho de ser temporalmente imposible matematizarlos.

En esta dirección, y siguiendo a Mc Closkey (1990: 23 y ss), se puede decir que la característica del método de la visión dominante es la búsqueda de regularidades, tal como trabajan los matemáticos. El modelo ampliamente desarrollado parte de una ley general (las necesidades de los individuos son ilimitadas y los recursos son limitados); surgen condiciones y supuestos (las preferencias de los consumidores insaciables son completas, transitivas y continuas; y éstos compran los bienes a unos precios dados con un ingreso dado), y se llega a una observación particular (la demanda de un bien surge de un problema de optimización). El problema es que en las ciencias naturales se pueden llegar a conocer las condiciones y supuestos de partida mediante el proceso de experimentación, pero en las ciencias sociales las condiciones son muy inestables; hay observaciones desconocidas, la realidad es abierta y cambiante. En tal sentido, el *mainstream* se muestra presumiendo superioridad frente a cualquier otra forma de hacer economía, puesto que se intenta obtener leyes universales “demostradas” con el método aceptado.

Como se expresó anteriormente, en la visión mecanicista los individuos no cuentan sino como engranajes de un sistema que funciona a la perfección; es una visión totalmente despersonalizada. Mientras que en la visión historicista hay individuos clave que se deben tener en cuenta, porque son fundamentales para la explicación del fenómeno. Para la visión poskeynesiana, no se puede tratar el estudio de los individuos sin tener en cuenta el entorno en el que se desenvuelven, qué instituciones restringen y permiten el desarrollo de su comportamiento, cómo la estructura social los afecta y cómo los individuos influyen en el entramado social, además de cómo interactúan las instituciones en el entramado institucional. Bajo este último esquema, hay grupos, características y situaciones que emergen como actores fundamentales en la aparición de un determinado fenómeno. No es posible determinar previamente el momento en que cobran fuerza el comportamiento, y sobre todo el poder, de algunos pocos grupos identificables. Tales elementos disparadores del cambio se enmarcan en un contexto institucional variable y, si bien el pasado condiciona las instituciones presentes, el futuro es incierto.

c) La plasticidad posible en los modelos, frente al determinismo.

Respaldando a Lawson (2006), se puede decir que mientras en la tradición *mainstream* los modelos matemáticos son desarrollados para explicar la realidad, el procedimiento heterodoxo se puede visualizar en el sentido inverso, esto es, partiendo de la realidad, de los elementos que se pueden descubrir en el objeto de estudio, se construye la teoría y luego el método a utilizar. Por lo que éste surge como consecuencia de las características detectadas en el fenómeno bajo estudio, y no es el método a utilizar el que restringe los fenómenos que se pueden estudiar. Pero, como tampoco el mundo es un caos absoluto, en palabras del mismo autor, el científico social no debe buscar leyes sino más bien regularidades empíricas, o “demi-regularidades”. Éstas son más flexibles que las leyes y aplicables al fenómeno en particular estudiado.

Bajo la visión poskeynesiana, si bien es bastante utilizada la herramienta matemática en

la especificación de los modelos, es natural que aparezcan “anomalías” no consideradas. Pero tales situaciones que se presentan en la realidad no son tratadas como fallas; en tal caso la falla está en la especificación matemática, por lo que es necesario tomar una estrategia distinta para ciertos análisis.

En la visión *mainstream*, si bien se acepta que en la realidad aparezcan singularidades, dichos errores no deben afectar la belleza y robustez del determinismo del sistema, que debe permanecer inmaculado. Lo que aparece raro o extraño, e incluso dañino, para el pulcro sistema y sus elementos principales se puede destacar como una anomalía o un error, pero nunca una fisura insalvable que comprometa al engranaje primordial, que contradiga o ponga en cuestionamiento al canon. En este sentido, es común encontrar en los manuales de microeconomía uno o varios capítulos dedicados al análisis de las “fallas del mercado”, luego de haber estudiado el funcionamiento y las derivaciones del mercado perfecto o de “competencia perfecta”.

d) El sujeto como parte del objeto, frente al sujeto que puede tomar distancia del objeto.

Las expresiones previamente identificadas entre comillas en el punto anterior son las exactamente usadas en los manuales que siguen el canon, es importante tenerlas en cuenta porque desde la visión *mainstream* se intenta dar una idea de ciencia alejada de los juicios de valor, por lo cual se la dota de un tecnicismo matemático para hacerla más “objetiva”. Sin embargo, como se ve, ya desde el léxico utilizado para describir los modelos, se está diciendo qué es bueno y qué es malo, qué es normal y qué anormal. Al respecto, como sugiere Blaug (1985), se puede decir que en el estudio de los problemas económicos el científico social debe tener la plena conciencia de que el hecho de aceptar supuestos conlleva la aceptación de juicios de valor contenidos en las teorías.

Bajo la visión *mainstream* es suficiente conocer el valor de las variables implicadas en el modelo matemático para extraer con ello conclusiones de política económica. Mientras que para la visión poskeynesiana, una mejor comprensión del fenómeno implicaría que el investigador indague y analice el funcionamiento de las estructuras e instituciones sociales.

e) La búsqueda de una mejor comprensión, frente al objetivo de la predicción.

Ya se dijo que para Friedman los supuestos pueden no ser nunca realistas, el criterio fundamental es la capacidad predictiva. Por tanto, en aras de explicar el funcionamiento de los engranajes de un modelo, se puede narrar un relato en un mundo inexistente². Mientras que para los autores heterodoxos es necesario establecer una explicación causal desde la conformación del entramado institucional. Hay individuos o grupos particulares que se entretajan en esa sociedad que pueden ser determinantes en la explicación de las causas de un fenómeno. Estos grupos cuentan con características primordiales para el caso y para el momento histórico.

Para la visión ortodoxa, predicción y explicación son casi lo mismo, están bien interconectadas, tanto que no puede existir una sin la otra, es por eso que no hay necesidad, una vez confirmada la correlación, de ahondar en todos los elementos que hacen comprensible un fenómeno, puesto que los factores considerados menos importantes son colocados como condiciones de contorno, que incluso pueden obviarse en la explicación. Quizá los problemas

de esta visión se ven con más claridad cuando aparecen explicaciones de los factores causales en los fenómenos económicos que provocan inestabilidad en el sistema. Esas explicaciones giran en torno a la oscilación de las variables que integran el modelo, pero dichas variables son las que el modelo considera exógenas, porque los modelos presentados en la visión mecanicista son, por naturaleza, estables, a la manera de los esquemas newtonianos. Por ejemplo, la llamada teoría del ciclo real ha incorporado en el análisis ecuaciones que determinan las oscilaciones en las variables relevantes en el modelo. Pero continúa intacto el esquema determinista y el objetivo de la predicción.

En la visión alternativa se valoran las explicaciones de los fenómenos inestables, de hecho, no se puede pensar en esquemas estacionarios, puesto que el sistema capitalista es inherentemente inestable. El componente indispensable que prevalece en estos modelos es la incertidumbre de los agentes económicos, por lo cual emerge lo que se conoce como inconsistencia de los agentes. Los modelos inconsistentes permiten que los individuos, o grupos de individuos, al tomar decisiones en base a un futuro esperado, sistemáticamente cometen errores en cuanto a la mejor decisión que podrían haber tomado. La incertidumbre elimina la posibilidad de predicción, al menos en sentido cuantitativo de las variables de interés. Mientras que, para la economía *mainstream* esto no es posible, porque no está permitida la incertidumbre, a lo sumo se permite el riesgo, que surge de asignar probabilidades a los posibles eventos futuros. Por ello es que la teoría de las expectativas racionales se acepta y se incluye en los modelos tradicionales, porque para tal teoría no es posible la ocurrencia de errores sistemáticos por parte de los agentes económicos.

2) Aplicación al caso de la inflación

La definición más simple de inflación es aquella que dice que es un aumento sostenido y generalizado de los precios. Sostenido, porque no se trata de incrementos que se producen de una sola vez y luego se detienen, sino que se observan período a período (semanas, meses o años). Generalizado, porque no se trata del aumento en un único bien o sector de la economía, sino que afecta a la generalidad de los bienes y sectores productivos.

Versión ortodoxa.

Para todas las versiones de la visión dominante el incremento de los medios de pago es la causa de la inflación³. En la versión más simple, se supone una determinada cantidad de dinero (M) que es manejada por el banco central y un volumen de producción (Y) que se vende a un nivel general de precios (P). Para un periodo determinado, bajo la cláusula *ceteris paribus*, los agentes que demandan dinero no tienen ninguna motivación a cambiar su comportamiento regular. Es por esto que el número de veces que el dinero cambia de manos (V: velocidad del dinero⁴) es constante y se define como

$$\bar{V} = \frac{PY}{M}$$

De la relación anterior se obtiene la famosa ecuación de la teoría cuantitativa $M\bar{V} = PY$. La cual, expresada en cambios proporcionales, nos queda $p = m - y$ ⁵

De repente si un helicóptero suelta desde el aire una cierta cantidad de billetes⁶, los individuos los usarán para comprar la misma cantidad de bienes existentes. Lo único que provoca esa nueva cantidad de dinero es un incremento en igual medida de los precios: siguiendo el análisis de la ecuación reciente, si se incrementa M de un lado de la igualdad, del otro lado no tiene más que aumentar P.

Como se ve en la descripción, no es necesario distinguir qué tipos de individuos integran la sociedad, así entonces se supone que todos son iguales. De hecho, siguiendo libros *mainstream* más avanzados como Romer (2002: 455 y ss.), el modelo puede complejizarse con una versión más sofisticada de la función de demanda de dinero, pero que es única para todos y para el individuo representativo. Es decir que no surgen grupos de individuos, tal como se desarrolló en el inciso (a) del apartado anterior, cuyo comportamiento sea de tal importancia frente a otros, que haga necesario tomarlos en cuenta para la explicación del fenómeno. Es decir que, bajo esta visión, la inflación es un proceso meramente macroeconómico, y no es necesario ahondar en la microeconomía subyacente: cualquiera sea el tipo de mercado, si los consumidores tienen más plata para gastar, la demanda por bienes se incrementa y ello hace subir los precios.

Como tal, la propuesta teórica apunta a ser universal, mecánica y meramente analítica, como se destacó en los incisos (b) y (c). Basándose en un modelo matemático de oferta y demanda agregadas para toda la economía, Romer (2002: 457) dice que “para explicar la inflación a largo plazo los economistas suelen insistir en (...) el crecimiento de la oferta de dinero”. La razón es que al descartar las otras variables del modelo a las que les es imposible crecer sin límite, únicamente nos queda la oferta monetaria que sí lo puede hacer, ergo “ningún otro factor posee esa capacidad” (Romer, 2002: 457). Sin embargo el autor nunca alerta al lector que en el modelo se han realizado una serie de supuestos que dejan de lado otros tantos factores de la vida real, que tienen la capacidad de generar, persistentemente, alteraciones en el sistema.

Como se señaló en el inciso (d), bajo la teoría *mainstream* no es necesario insertarse en el análisis de las particularidades de un país, identificar los grupos de presión y la forma en que se teje el entramado de relaciones de poder. Simplemente si aumenta la emisión, aumenta la inflación. Con lo cual no es imperioso, en aras de una mejor comprensión, que el investigador profundice en la sociedad de estudio, tratando de captar cómo actúan los agentes en un entramado institucional particular. Es decir que el sujeto es totalmente aislado del objeto.

Una vez encontrada la relación empírica entre emisión e inflación, no es necesario ahondar más en el entorno social e institucional (inciso e), puesto que explicación y predicción van de la mano. Los economistas *mainstream* estarían de acuerdo en incorporar al análisis los hechos existentes como la puja distributiva o la influencia de las expectativas en el comportamiento de los agentes, pero simplemente se están caracterizando una serie de elementos que pertenecen a las condiciones de contorno, y no forman parte de lo sustancial en el desarrollo del fenómeno.

Más aún, esas condiciones de contorno podrían estar ausentes y, sin importar cómo se configura el entramado de relaciones sociales en un país, siempre los precios crecerían al ritmo de la emisión monetaria.

Las políticas recomendadas apuntan a reducir el crecimiento de la oferta monetaria⁷. A pesar de que se consideran en el discurso otras variables, como las expectativas u otros componentes inerciales, que interfieren en la inflación, pero, como ya dijimos, dichas variables no son transferidas en el modelo.

Versión alternativa.

Cabe aclarar una diferencia sustancial en el concepto de dinero. Para la versión monetarista, el dinero es, sobre todo, un medio de pago que sirve para lubricar las transacciones en la economía. Podemos distinguir entre dinero primario emitido por el Banco Central y dinero secundario creado por el sistema bancario. Este último está controlado por la política del Banco Central, totalmente limitado a través del llamado multiplicador monetario. En consecuencia, se dice que el dinero es una variable exógena del modelo, ya que su nivel depende de la discrecionalidad de la autoridad monetaria y no de las condiciones internas de la economía.

En cambio, para los poskeynesianos, el dinero es, fundamentalmente, una relación social en el acto de intercambio. El Estado regula esa relación social en un espacio monetario y define el medio de pago contractual, sobre todo para las deudas. Los bancos comerciales crean dinero secundario a necesidad de los agentes económicos solventes, para los planes de inversión y consumo. A su vez, el Banco Central crea dinero primario según la necesidad de liquidez del sistema bancario. En consecuencia, el dinero es una variable endógena del modelo, su nivel depende de las condiciones internas de la economía y no hay autoridad de gobierno que pueda manejarlo a discreción.

Por ello es que la crítica de los autores poskeynesianos, no viene por el lado de la relación entre emisión monetaria e inflación, porque es un hecho que muchas veces se puede constatar, si uno toma datos en series de tiempo. Lo que sucede es que la causalidad entre dinero y precios está invertida, el volumen de dinero no puede ser la causa porque es una variable endógena. Es decir que el resultado de que aumente la inflación y la cantidad de dinero al mismo ritmo, se debe a que ante el aumento de los precios, se requiere que los agentes se hagan de mayor dinero para poder realizar las transacciones que tenían previstas, y las empresas llevar a cabo los planes de inversión, así el sistema bancario responde creando nuevos medios de pago. Por lo que se impugna aquella demostración o prueba de la teoría tradicional a través de la clara relación entre emisión e inflación, puesto que dos teorías distintas avalan el hecho aunque difieren en la causalidad.

En la teoría poskeynesiana podemos decir que la inflación surge de un contexto social. Tomando la idea de lucha de clases, se trabaja con agentes que detentan un poder y como tales realizan una puja distributiva en pos de obtener una mayor porción del ingreso nacional. Tal disputa se refleja entre los empresarios y los sindicatos (inciso a). Para ello es necesario

contextualizar y evaluar cuánto poder tienen los empresarios, cuán oligopolizados están los mercados, cuánto poder tienen los sindicatos, cuál es la evolución del número de trabajadores afiliados debido al desempeño de la tasa de desempleo (inciso b). Es decir que en una determinada economía puede que cambien las circunstancias en las relaciones de poder, y aún cuando los grupos participantes sean los mismos, puede que el proceso inflacionario recrudezca o se detenga si se modifican tales circunstancias (inciso d). Las circunstancias de las que se habla, refieren tanto a los factores institucionales como a los psicológicos.

Siguiendo a Arestis (1992: 159), el precio es determinado por un proceso de *mark-up* (m) sobre los costos, considerando el costo laboral (WL: la masa salarial es el salario multiplicado por el nivel de empleo) más el costo de los insumos importados ($P_{RM}RM$). Donde en éste último es de crucial interés el tipo de cambio real o precio de la moneda extranjera con la cual se compran dichos insumos. Podemos escribir, siguiendo la versión más simple:

$$P = (1 + m) [WL + (P_{RM})(RM)]$$

Si bien es cierto que se pueden considerar múltiples tipos de costos en la producción de los bienes, éstos son los que se consideran importantes a la hora de explicar la inflación. También es cierto que no todos los mercados son oligopólicos, pero son éstos mercados los que surgen con preponderancia en los procesos inflacionarios y cuyo comportamiento determina la fortaleza del desequilibrio, donde aparecen los formadores de precios.

Significa que, para la teoría poskeynesiana, el incremento de precios podría ser resultado de la puja distributiva, de las variaciones en el tipo de cambio, de los vaivenes de los precios de los bienes importados, de las expectativas de inflación de los fijadores de precios y de los sindicatos, o de las presiones en la capacidad productiva de una industria estratégica o de varias. O bien una combinación de las opciones anteriores.

¿Cuál es la diferencia, en cuanto al determinismo, entre la ecuación planteada por el *mainstream* y la ecuación del *mark-up*? Una diferencia fundamental radica en la microeconomía que subyace en cada teoría. Para la primera, la inflación siempre surge por presiones de la demanda, porque los mercados son competitivos o “perfectos” y no existen excesos de capacidad productiva, mientras que para la segunda, la mayoría de los mercados son oligopolios, que reservan una capacidad de producción para hacer frente a los vaivenes típicos de la demanda, por lo que dichas variaciones en la demanda no pueden ser las que explican el crecimiento de los precios, salvo que la economía haya llegado a un umbral donde la demanda creció demasiado rápido que no le dio tiempo a las inversiones a expandir las plantas de producción, pero normalmente esto sucede para cierto tipo de producción básica para la estructura de la economía (cuellos de botella) y es una situación que no dura mucho tiempo.

De todas formas, y en torno a lo discutido en el inciso (c), al interior de la escuela poskeynesiana existen muchas controversias. No todos acuerdan con una misma forma de fijación del *mark-up* por parte de las empresas y los factores que determinan ese comportamiento. Por otro lado, si

bien la política de precios se entiende en relación a la puja distributiva antes mencionada, y no tiene que ver con presiones en la demanda, algunos autores (Lavoie, 2005: 63) destacan que eso es cierto siempre y cuando no existan cuellos de botella, es decir sectores productivos clave que en determinados momentos de la historia sí están trabajando al límite de la capacidad, como puede suceder en los sectores de industria pesada, metalmecánica, energética o petroquímica. Es decir que para algunos, cuando el grado de utilización supera al normal, se activan fuerzas inflacionarias, aparece una inflación de demanda y la relación matemática antes puntualizada deja de estar activa. Para otros, sobrepasar al nivel de utilización normal no acarrea necesariamente aumentos en los costos con lo cual nunca se plantean una inflación de demanda.

Como la puja distributiva es un elemento esencial, se desarrolla, a su vez y como complemento, la teoría del comportamiento intertemporal de los salarios, donde cobran relevancia múltiples factores, como el poder de los sindicatos, las expectativas de la inflación futura, la evolución de la tasa de desempleo y la distribución del ingreso, en aras de comprender el fenómeno en cuanto a sus elementos causales (inciso e) tanto institucionales como psicológicos.

Conclusión

Por las razones esgrimidas, la visión poskeynesiana representaría un avance en cuanto a las características epistemológicas que consideramos preferibles.

Cabe destacar que las teorías poskeynesianas trabajan sobre la base de un sistema inherentemente inestable, lo cual las harían más aptas para la descripción de la vida económica capitalista. Es decir que se incorporan elementos internos que permiten, y son germen, de resultados cíclicos y constante desequilibrio, contrario al determinismo del *mainstream* y su persistente tendencia al equilibrio y la estabilidad. No pareciera ser una buena estrategia, si lo que se pretende comprender es un sistema en constante fluctuación y descoordinación, basar todo en modelos de equilibrio de tipo newtonianos.

Por otro lado, en la visión poskeynesiana, se inserta la dinámica de la lucha de poderes de los actores centrales en la evolución de un fenómeno y en el propio sistema. Aparecen individuos y/o grupos de individuos que son entidades con iniciativa, no son meros engranajes inertes llevados por la corriente del acontecer de los hechos. Es por eso que se le da prevalencia al tiempo histórico, donde es fundamental el pasado y el futuro para comprender el presente. Allí radica la importancia, para el investigador, de insertarse en las sociedades bajo estudio para comprender el fenómeno. Esto nos llevaría a juzgar de exiguuo todo análisis materializado desde una postura aislada, externa y con pretensiones de objetividad.

Más aún, en esta visión alternativa, es meritorio el esfuerzo por intentar explicar y descubrir los elementos esenciales, fundamentos del proceso y la evolución de un fenómeno, sobre todo con la inclusión de supuestos más realistas. Porque la preocupación apunta a una comprensión de los eventos, más que a explicaciones causales de congruencia matemática y cuantificaciones de correlación de variables.

El propósito final del trabajo es abrir la posibilidad de iniciar un programa de investigación

que arroje una mayor claridad sobre las verdaderas prácticas en el desarrollo de la ciencia económica. Para ello interesaría que los economistas fortalezcamos nuestra formación epistemológica y procuremos una consciente visibilidad de la misma en cada fenómeno que estudiemos. Emprender este camino sería un gran paso para avanzar en una discusión más democrática acerca de la mejor forma de construir el conocimiento.

Notas

1. Si bien es cierto que la economía mainstream ha desarrollado modelos donde se pone en cuestión el análisis que parte del comportamiento individual, no ha sido un objetivo de la visión dominante para los trabajos en el campo de la macroeconomía, que continúa bajo el esquema del individualismo metodológico.
2. Como los relatos típicos de manual de las decisiones de inversión, ahorro, consumo, intercambio y producción en la isla de Robinson Crusoe.
3. En otras versiones, menos simplistas, se trabaja con el efecto sobre la inflación del gasto público o de la tasa de interés. Pero esos factores actúan vía, o en conjunto con, el incremento de la masa de dinero.
4. Sin la cláusula *ceteris paribus*, un aumento de V significaría que los agentes económicos buscan desprenderse rápidamente de los saldos monetarios, es decir que la demanda de dinero disminuye. Asimismo, una disminución en V implicaría que tal demanda aumenta.
5. Como V es consatante, el cambio proporcional es nulo
6. Las explicaciones más realistas dicen que es el Banco Central el que emite los billetes y controla totalmente la oferta de dinero.
7. En las versiones menos simplistas, estas políticas tienen que ver con el manejo del gasto público y de la tasa de interés.

Bibliografía

- ARESTIS, P. (1992). *The Post-Keynesian approach to economics: an alternative analysis of economic theory and policy*. England: Edward Elgar Pub.
- BLAUG, M. (1985). *Teoría económica en retrospectiva*. México: FCE.
- LAVOIE, M. (2005). *La Economía postkeynesiana: un antídoto del pensamiento único*. Barcelona: Icaria Editorial.
- LAWSON, T. (2003). *Reorienting economics*. Oxon: Routledge.
- LAWSON, T. (2006). The nature of heterodox economics. *Cambridge journal of economics*, 30(4), 483-505.
- MCCLOSKEY, D. N., & Conde, A. (1990). *La retórica de la economía*. Madrid: Alianza Editorial.
- ROMER, D., TRINIDAD, G., & FLAMINI, E. (2002). *Macroeconomía avanzada*. Madrid: McGraw-Hill.

Simulaciones computacionales como singularidad tecnológica en las ciencias empíricas*

Juan Manuel Durán †

1. Introducción

La noción de ‘singularidad tecnológica’ tiene al menos dos sentidos, dependiendo de la literatura filosófica que se tome como referencia. Se la ha concebido como singularidad a la emergencia y a la evolución de máquinas super-inteligentes (Good, 1965; Vinge, 1993), y en este sentido se interpreta como el reemplazo del hombre para realizar ciertas actividades concretas, muchas de ellas relacionadas con la toma de decisiones. La otra concepción tiene una raíz filosófica que entiende a esta noción como relativa al aumento de la capacidad cognitiva del hombre ante problemas que, de otro modo, serían irresolubles (Kurzweil, 2005). Este último sentido es el que me interesa explorar en este trabajo.

A pesar de estos dos sentidos más o menos claros, existe mucha disputa entre filósofos sobre cómo acordar una definición que unifique ambos sentidos. Es cierto, sin embargo, que sí hay común acuerdo en la idea de que la noción de ‘singularidad tecnológica’ supone el desplazamiento del centro de la producción de conocimiento del hombre como agente cognitivo. Este desplazamiento, a su vez, ha sido atribuido al extenso y oblicuo uso de las computadoras en la vida moderna. Así entendido, la noción de singularidad tecnológica es utilizada para señalar la existencia de una barrera epistemológica más allá de la cual los humanos no pueden traspasar, y donde las computadoras se convierten en el centro de producción del conocimiento.

Como mencioné anteriormente, este trabajo recupera la segunda noción de singularidad, es decir, aquella que se refiere al un aumento de la capacidad cognitiva humana por parte de las computadoras, y el subsecuente e inevitable desplazamiento en la producción de conocimiento. Más concretamente, aquí estoy interesado en presentar algunas condiciones que permitirían a las simulaciones computacionales calificar como una singularidad tecnológica en las ciencias empíricas. Nótese que se asume el hecho que algunas simulaciones son, de hecho, una singularidad tecnológica. Este supuesto se fundamenta en dos razones. La primera es de corte conceptual y que tiene que ver con la noción de ‘singularidad tecnológica’ que aquí se asume. En unas pocas palabras, una simulación computacional es una singularidad tecnológica si desplaza al hombre del centro de la producción de conocimiento, y dicho conocimiento es tan confiable

* Una versión más extensa de este trabajo puede encontrarse en Durán, J.M. (2016). Computer simulations as a technological singularity in the empirical sciences”, in J. Miller, R. Yampolskiy, Armstrong S., & Callaghan V. (Eds.), *The Technological Singularity: A Pragmatic Perspective*. Berlin: Springer

† Universidad Nacional de Córdoba (CONICET)

como el que habría producido el hombre por sí mismo.¹ Parte de este trabajo consiste en explicitar en qué consisten estas ideas. La segunda razón es de corte práctico/tecnológico y tiene su raíz, precisamente, en la enorme cantidad de simulaciones que calificarían (intuitivamente de momento) como singularidad tecnológica.

Si bien lo dicho hasta ahora facilita las primeras intuiciones sobre el tema, es filosóficamente importante discutir cuáles son las condiciones que permitirían hablar de simulaciones computacionales como singularidad tecnológica. Así pues, en este trabajo supongo que el carácter representativo de un modelo simulacional, conjuntamente con una computación libre de errores (o cuyos errores son despreciables), son claramente los mejores candidatos para entender a las simulaciones computacionales como singularidad tecnológica. Aquí discutiré brevemente a qué me refiero con cada uno de estos conceptos. La primera conclusión que presentaré es que, a pesar que estos candidatos son los correctos, el número de simulaciones que califican como singularidad se reduce significativamente. Esta consecuencia, además de ser indeseable, puede ser anti-intuitiva también ya que no es difícil encontrar buenos ejemplos de simulaciones computacionales donde no hay representación (no, al menos, en el sentido propuesto) y sin embargo parecerían calificar como singularidad tecnológica de modo más o menos directo. Con respecto a este último punto, sólo me limitaré a señalar cuáles es, para mí, el problema de fondo y cómo podría ser afrontado. Cabe indicar que no es una objeción a mi propia postura, sino una ampliación conceptual a dominios donde las simulaciones computacionales no representan sistemas objetos en el sentido propuesto.

2. Simulaciones, representación, y sistemas objeto

La literatura acerca de qué es una simulación computacional es suficientemente conocida y nos evita una revisión aquí². Lo que sería más interesante, sin embargo, es explicitar los supuestos que manejo en este trabajo a fin de no arribar a interpretaciones erróneas de lo que entiendo por simulación.

Para comenzar, entiendo por una simulación computacional a un modelo basado en ecuaciones matemáticas implementado en una computadora. Desde luego no estoy sugiriendo que dicho modelo sea *directamente* implementado en la computadora, sino más bien que pasa por una serie de procesos los cuales finalmente terminan en un algoritmo que puede ser implementado en una computadora física. Estos procesos son bien conocidos en las ciencias de la computación e ingenierías, tales como discretizaciones de las ecuaciones continuas, modificaciones *ad hoc* para hacer el algoritmo computable (e.g., tratamiento de infinitos), cambios en la geometría del sistema objeto (e.g., reducciones/amplificaciones de las escalas temporales y espaciales), etc.

Tampoco estoy sugiriendo que este sea el único tipo de simulación computacional que puede encontrarse. Además de las simulaciones basadas en ecuaciones matemáticas, hay simulaciones basadas en agentes, autómatas celulares, sistemas complejos, etc. Una confusión típica al categorizar las simulaciones computacionales es creer que una perspectiva netamente ontológica posibilita separar unas de otras. Pero como puede fácilmente mostrarse, una simulación basada en agentes, sistemas complejos, simulaciones Monte Carlo, etc, son todas (o pueden construirse como)

simulaciones basadas en ecuaciones. A fin de poder hablar que una diferencia entre simulaciones basadas en agente y modelos de ecuaciones, como hago más arriba, hay que agregar otras dimensiones de análisis, que incluyan los métodos involucrados en el diseño de las simulaciones, el tipo de conocimiento que se puede obtener al utilizar una o la otra, la capacidad de representar sistemas objetos, las preferencias en las comunidades científicas, etc. Aquí nos encontramos con un problema de delimitación de qué es exactamente una simulación computacional que implemente modelos de ecuaciones. Permítaseme dejar esta cuestión sin respuesta ya que me alejaría demasiado de la tesis central de este artículo. Para compensar esta falta, y aunque sea sólo a título de paliativo, permítaseme mostrar algunos ejemplos típicos de lo que llamo simulaciones que implementa modelos de ecuaciones: modelos Newtonianos para representar la interacción de dos cuerpos, modelos Lotka-Volterra para representar el comportamiento de una presa y un depredador, modelos Navier-Stokes para representar la dinámica de fluidos, etc. Si bien éstos son ejemplos simples, dan al menos una idea general del tipo de simulación computacional que tengo en mente. Nuevamente, estos temas son bien conocidos en la literatura especializada para vernos en la necesidad de revisarlos aquí detalladamente.

Circundando la pregunta sobre qué es una simulación computacional, queda la cuestión acerca de qué representan (o deberían representar) y con qué precisión. Aproximarse a estos temas también requeriría de mucho detalle sobre qué se ha discutido en la literatura filosófica especializada. Baste simplemente decir que una simulación computacional representa (está por, es un *proxy*, se usa en lugar de) un sistema objeto, y lo hace con una precisión más o menos similar a la del modelo matemático implementado. En otras palabras, en este trabajo supongo que la función representativa del modelo matemático existe y es heredada por la simulación computacional. En una primera instancia es fácil mostrar por qué este requisito es necesario: si no hubiera representación por parte de la simulación computacional, entonces no podríamos anclar la noción de conocimiento de un sistema objeto. Más adelante en la sección 4, sin embargo, pondré en duda la absoluta necesidad de representación con el fin de considerar a las simulaciones computacionales como una singularidad epistémica³. La duda surge, precisamente, del supuesto anclaje entre la noción de conocimiento y representación. Pero por ahora este supuesto es razonable y, más importante para este trabajo, necesario.

3. El predicamento antropocéntrico

En el año 2009 Paul Humphreys defendió la novedad de las simulaciones computacionales basando su argumento en lo que llamó el *predicamento antropocéntrico*. Dicho predicamento se formulaba la siguiente pregunta “¿cómo podemos nosotros, en tanto humanos, entender y evaluar métodos científicos basados en computaciones que trascienden nuestras propias habilidades?” (Humphreys, 2009, 617). En otras palabras, el predicamento antropocéntrico se viene a preguntar cuál es el rol de agentes cognitivos frente al nuevo conocimiento provisto por computadoras que no sólo trasciende nuestras capacidades más altas de comprensión, sino que también que se instala como nueva autoridad epistémica.

Entendido de este modo, el predicamento antropocéntrico es el camino a consideraciones acerca de las simulaciones computacionales como singularidad tecnológica. Sin embargo, tal y como ha sido presentado por Humphreys, el predicamento antropocéntrico no dice nada sobre las condiciones bajo las cuales una simulación produce conocimiento confiable de un sistema objeto simulado. En lo que sigue de esta sección, entonces, complemento el predicamento antropocéntrico con aquellos requisitos que, a mi entender, son necesarios para obtener conocimiento confiable.

3.1 La confianza en las simulaciones computacionales

La epistemología, entendida como el estudio de nuestras formas de acceso al conocimiento, nos enseña que las preguntas relevantes en esta área tienen sus raíces en las nociones de *verdad* y de *justificación epistémica*. Sin embargo, y a pesar de que se acepta que aquello que es falso no puede proveer conocimiento, hay poco acuerdo sobre qué significa que algo sea verdadero o que estamos justificados en conocer. Notemos que aquí sólo estoy interesado en analizar cómo *justificamos* nuestro conocimiento en que los resultados de una simulación computacional sean *válidos*, numéricamente hablando, del sistema objeto. De este modo podemos hablar de producción de conocimiento por parte de simulaciones computacionales. Ahora bien, que un resultado sea válido significa que el módulo de la diferencia entre los resultados de la simulación computacional con valores medidos y observados del sistema objeto se acercan, con mayor o menor precisión, a cero.⁴ Definiendo la noción de validez de esta manera espero obtener dos cosas. Por un lado, estoy interesado en evitar compromisos metafísicos detrás de nociones como “el valor verdadero de una simulación computacional”, “datos verdaderos”, etc. No está dentro de mis intereses adentrarme en una noción de “verdad” asociada (o no) a las simulaciones computacionales. Por el otro lado, interpreto la noción de resultado válido como perteneciente a una escala de valores, antes que a una noción fija o exacta. Es decir, los resultados de una simulación son válidos si forman parte de una distribución de probabilidad con un margen aceptable de error.

Preguntémonos ahora lo siguiente: ¿en qué sentido estamos justificados en creer que una simulación computacional proporciona conocimiento sobre el mundo empírico? Una respuesta posible consiste en tomar a las simulaciones como procesos de formación de creencias, esto es, un proceso capaz de producir resultados que son, la mayor parte de las veces, válidos sobre el sistema objeto. Si tales resultados pueden ser producidos, entonces podemos decir que estamos justificados en creer en los resultados de la simulación y, en tanto tal, en afirmar nuestra creencia sobre el conocimiento sobre el sistema objeto. En palabras más simples, si los resultados de una simulación se encuentran dentro de un margen de aceptabilidad numérica con respecto a los valores medidos y observados del sistema objeto, entonces estamos justificados en creer en nuestro conocimiento sobre dicho sistema objeto.

Esto es básicamente lo que dice la teoría conocida como *confiabilidad de procesos* [process reliabilism], con Alving Goldman como uno de sus principales ideólogos. En su forma más simple, la teoría de confiabilidad de procesos dice que uno conoce en caso de que nuestras

creencias estén justificadas por un proceso confiable, donde confiable aquí significa que es un proceso que produce, la mayor parte de las veces, verdades (Goldman, 1979). Por ejemplo, sabemos que “ $2+2=4$ ” porque el proceso de razonamiento involucrado en la adición es, bajo circunstancias normales y dentro de un limitado número de casos, un proceso confiable. De acuerdo con Goldman no hay nada accidental en conocimiento que es producido por un proceso confiable como este. La cuestión ahora se centra en responder sobre qué procedimientos nos permiten encontrar la aceptabilidad numérica que buscamos.

Reinterpretando la postura de Goldman para las simulaciones computacionales, entonces, podemos decir que una simulación es un proceso confiable si produce resultados que son, la mayor parte del tiempo, válidos de un sistema objeto. Siguiendo el ejemplo anterior, entonces, no hay nada accidental en creer que una simulación computacional produce resultados válidos de un sistema objeto (sujeto a que ciertas condiciones se cumplan, y que discutiré más adelante) y, consecuentemente, no hay nada de accidental en creer que obtenemos conocimiento de tal sistema objeto. Así entendido, la teoría de confiabilidad de procesos tiene la forma de un marco conceptual que nos permite hablar de resultados de una simulación como son válidos para el sistema objeto. En otras palabras, la confiabilidad de las simulaciones computacionales como procesos de formación de creencia depende cuantitativamente de la precisión de sus resultados. Tal precisión es obtenida a partir de dos fuentes, a saber, la capacidad representacional de la simulación, y una computación relativamente libre de errores.

La pregunta sobre la confianza de las simulaciones computacionales y, por lo tanto, sobre el conocimiento que de ellas obtenemos, ahora tiene que ver con estas dos fuentes que citábamos anteriormente. La pregunta filosófica de interés es, entonces, qué métodos tenemos a disposición que se asocien con estas dos fuentes y que permitan hablar de simulaciones computacionales como procesos confiables de producción de resultados válidos. La respuesta la podemos encontrar en estudios sobre *validación* y *verificación* de sistemas computacionales. La mayoría de estos trabajos son altamente técnicos, pero no es difícil extraer las motivaciones centrales de estos métodos. De acuerdo con William L. Oberkampf y Timothy G. Truncano, los métodos de verificación y validación están en la base de la confiabilidad de cualquier proceso computacional. De ellos depende la confianza y credibilidad de los resultados de las simulaciones, por ejemplo. De aquí que entender los alcances de estos métodos es fundamental para establecer la singularidad tecnológica de las simulaciones computacionales.

Así, los métodos de *verificación* substantian la creencia del científico de que el modelo matemático ha sido implementado y resuelto por la simulación correctamente; métodos de *validación*, por el otro lado, proveen evidencia de que los resultados de una simulación computacional son similares, con más o menos precisión, a datos empíricos⁵. La sociedad americana de ingenieros mecánicos (ASME), junto a otras instituciones, han adoptado la siguiente definición de verificación: “el proceso para determinar que un modelo computacional representa con exactitud⁶ el modelo matemático subyacente así como su solución” (ASME, 2006, 7). Los métodos de verificación pueden ser obtenidos de dos modos diferentes, a saber, corroborando

que los algoritmos funcionan apropiadamente, y midiendo que la solución discreta del modelo matemático es exacta. El primer método es conocido como *verificación del código*, mientras que el segundo se conoce como *verificación del cálculo*. El propósito de hacer estas distinciones es que categorizan el conjunto de métodos para la correcta valoración del modelo computacional con respecto al modelo matemático. Esto se encuentra en oposición a valorar la adecuación del modelo matemático con respecto a sistemas empíricos de interés. Verificación de código, entonces, busca remover errores lógicos y de programación en el programa de computación, y como tal pertenece a las instancias de diseño del modelo computacional. Verificación del cálculo, por el otro lado, busca determinar los errores numéricos dada las aproximaciones por discretización, errores de redondeo, singularidades numéricas, discontinuidades, etc. Ambos métodos de verificación son guiados, aunque no determinados, por principios formales y deductivos.

Los métodos de *validación*, por el otro lado, ha sido definido por la ASME como “el proceso para determinar el grado el cual el modelo es una exacta representación del mundo real desde la perspectiva de los usos intencionales del modelo” (ASME, 2006, 7). Podemos decir, entonces, que los procesos de validación son más cercanos a los sistemas empíricos en cuanto a que lo importante es la exactitud en la representación del modelo. Pero esta no es la única diferencia con los métodos de verificación. Los métodos de validación hacen uso de *benchmarking* o valores de referencia que permiten establecer la exactitud de los resultados de la simulación. Hacer uso de valores de referencia permite medir la performance de un sistema computacional basado en comparaciones entre los resultados de la simulación y los datos experimentales. Como he señalado anteriormente, la forma más simple de obtener estos datos viene de llevar a cabo experimentos empíricos en el sentido tradicional del término (es decir, experimentación, medición, observación, etc.). Ahora bien, dado que el valor verdadero de una cantidad de un fenómeno empírico no puede ser determinada absolutamente, es una práctica aceptada entre científicos usar un valor de referencia obtenido por procedimientos reconocidos y aprobados por la comunidad científica para medir y observar las cantidades numéricas encontradas en estos fenómenos empíricos. Una situación enteramente diferente es cuando el valor de la cantidad puede ser determinado teóricamente, como es el caso de mecánica cuántica donde valores cuantificados son obtenidos mediante mecanismos teóricos. En tales casos, la simulación puede ser validada con una exactitud muy alta. Vale recordar que se está tornando una práctica familiar y aceptada comparar resultados de simulaciones computacionales con otros resultados de simulaciones computacionales (ninguno de los dos conjuntos de resultados deben, en principio, ser validados). Un excelente ejemplo de esto es (Ajelli et al., 2010). Los procesos de validación, entonces, apuntan a dar evidencia o prueba de la exactitud de los resultados de una simulación con respecto al sistema empírico de interés.

4. De regreso a la singularidad

En este trabajo introduce la pregunta acerca de si las simulaciones computacionales pueden ser consideradas una singularidad tecnológica en las ciencias empíricas. La respuesta general era que las simulaciones deben cumplir con ciertas condiciones que las hagan procesos confiables

de formación de creencia a fin de que podamos hablar de singularidad. Tales condiciones, puede decirse, sustentan ideas sobre representación del sistema objeto en una computación (relativamente) libre de errores. Como he argumentado, las dos condiciones que he defendido pueden ser llevadas a cabo por varios procedimientos, todos los cuales convergen en diferentes métodos de verificación y validación.

Consideremos ahora como ejemplo la simulación de un sistema de dos cuerpos interactuando, como podría ser un satélite orbitando alrededor de un planeta. La mecánica Newtoniana es, a la fecha, la teoría que mejor lleva a cabo la representación de estos sistemas mediante un conjunto de ecuaciones que muy fácilmente pueden ser reescritos para propósitos computacionales. Para lograr esto, el científico debe primero sustanciar que el modelo computacional implementa el sistema de ecuaciones de interés. Esto es parcialmente llevado a cabo por el conocimiento del experto más las experiencias exitosas pasadas en el uso de tales ecuaciones. El próximo paso consiste en verificar que el modelo computacional ha sido implementado correctamente, esto es, identificar, cuantificar, y reducir el número de errores durante las etapas de programación. Así, los métodos de verificación refuerzan la confianza de las simulaciones computacionales durante la etapa *pre-computacional*, es decir, antes de ejecutar la simulación computacional propiamente dicha y sin la intervención de un agente. Es durante esta etapa que se puede hablar de singularidad tecnológica. Hay, por supuesto, una etapa *post-computacional*, es decir, la etapa que viene después de haber ejecutado la simulación. En esta etapa, los métodos de verificación y validación también legitiman los resultados de las simulaciones, pero al ser dados *después* de la obtención de los resultados pueden incluir a un agente cognitivo, desmantelando así la idea de que las simulaciones puedan ser una singularidad tecnológica.

En efecto, determinar la precisión de un modelo mediante comparar los resultados de una simulación con datos puede requerir, en cierto punto, un agente humano que lleve adelante algunos aspectos de la comparación. Por ejemplo, una forma rápida y eficiente de confirmar que los resultados se acercan a los datos es mediante crear visualizaciones de los resultados y luego comparar las visualizaciones a fin de ver si se reproducen las propiedades relevantes que son de interés. Este tipo de visualizaciones son más exitosas cuando son llevadas a cabo por humanos, y son solamente accesibles en una etapa post-computacional. Desde luego, en algunos casos la validación puede ser realizada automáticamente, por ejemplo con otro software que compare mecánicamente los resultados de la simulación con los datos. En cualquier caso, las simulaciones computacionales podrían concebirse como singularidad sólo desde una etapa pre-computacional puesto que la confianza en una simulación pre-computada puede ser utilizada sin ninguna intervención de un agente humano.

Ahora bien, el problema con esta forma de entender el asunto es que dejamos fuera de consideración una gran cantidad de simulaciones que son, intuitivamente, una singularidad en el sentido que le hemos dado. Las razones para sostener esto es que una noción de confiabilidad pre-computacional excluye, *ex hypothesi*, a lo que podría ser el componente más importante en las simulaciones computacionales, esto es, el experto. Efectivamente, la necesidad de un agente

cognitivo en la construcción de un proceso confiable como es una simulación computacional no está limitada a la verificación o la validación del modelo computacional solamente, sino también en legitimar otros modos y alternativas que son tan o más eficientes que la verificación y la validación para simular sistemas objetos. El ejemplo de una simulación computacional de la interacción de dos cuerpos puede ser utilizada para una multiplicidad de dominios, no todos los cuales pueden ser legitimados en términos puramente teóricos. Podría darse el caso que expandir el uso de una simulación en otro dominio depende del experto que lleve a cabo esta transición, y no enteramente de una etapa de pre-computación. Un buen ejemplo de esto es expandir el uso del modelo Lotka-Volterra, originalmente designado para el dominio de sistemas biológicos dinámicos, a estudios de dinámica poblacional en ciudades. Distintos estudios han mostrado que, bajo condiciones específicas, un sistema social se comporta de manera similar a la interacción de dos especies (i.e., una que es el predador y la otra la presa).

Es más, sabemos bien que la práctica de modelos está signada por muchos factores, incluyendo las intenciones de los científicos. Tales intenciones, además de incluir la selección de un sistema empírico objeto específico, también incluye grados de idealizaciones, abstracciones y ficcionalizaciones adoptadas que (irónicamente) son incluidas precisamente para obtener una representación más precisa del sistema objeto. Dado que no es posible ni deseable que un modelo, y por extensión una simulación computacional, represente un sistema objeto en detalle, se sigue que el conocimiento sobre un fenómeno empírico obtenido por dichos modelos y simulaciones está atado a estas intenciones e intereses de los científicos. La pregunta que queda pendiente es, entonces, hasta qué punto podemos sostener la tesis de la singularidad cuando nuestras representaciones del mundo empírico dependen de las intenciones de los científicos. Vale la pena aclarar que esta pregunta no apunta a señalar que la práctica científica está signada por idealizaciones e intenciones de los científicos y que, por lo tanto las simulaciones no pueden ser una singularidad tecnológica. El problema aquí es mucho más profundo, y consiste en ver que el concepto de “representación” como lo hemos venido sosteniendo podría eliminarse (o tener una representación de segundo orden) y aun así poder hablar de simulaciones computacionales como singularidad tecnológica.

Para ilustrar este punto sólo voy a mencionar un ejemplo de simulación computacional que, en principio, hablaría en favor de que en ciertos casos es posible tener representación de segundo orden y aún así (y precisamente por eso) hablar de singularidad tecnológica. El ejemplo proviene de una simulación a larga escala de epidemias de influenza en Italia. Ajelli et al. (2010) muestran cómo es posible utilizar dos simulaciones computacionales enteramente diferentes, a saber, una simulación basada en agentes (SBA) y una simulación de ecuaciones basada en metapoblación (SMP), y obtener información confiable a partir de ambas. Notemos que en ambos casos lo que se representa son diferentes sistemas objetos. Mientras que la SBA representa comunidades, los individuos, y sus actividades cotidianas, la SMP divide el mundo en regiones geográficas definiendo una red de sub-poblaciones que representan el flujo de individuos en materia de transporte e infraestructura mobiliaria. Por supuesto, hay diferencias concretas que pueden ser señaladas entre SBA y SMP, como por ejemplo si se quiere

evaluar “la fuerza de la infección”, entonces “la simulación basada en agentes es más refinada en la definición de la estructura social/espacial/edad de la población, siendo definida al nivel del individuo” (Ajelli et al., 8). Sin embargo, ambas simulaciones proveen patrones de una epidemia que están matemáticamente de acuerdo al nivel de la escala de cada uno. Y ambas pueden ser utilizadas para comprender el esparcimiento de una epidemia tanto a nivel local (que es representado por la SBA), como a nivel global (que es representado por la SMP). Así, los autores reconocen que los dos modelos muestran acuerdos muy cercanos en el tiempo en que se esparce una epidemia en Italia, a pesar de tener representaciones de segundo orden. Es decir, la SBA produce resultados que pueden ser utilizados para comprender el sistema objeto de la SMP (y vice versa), y así sólo representarlo de manera indirecta o de un segundo orden.

Para concluir, es justo decir algo que aclare la perspectiva de las simulaciones computacionales como singularidad tecnológica y, fundamentalmente, mi posición al respecto. Aquí yo he llevado a cabo dos tareas, a saber, mostrar cuáles serían las condiciones para sostener que las simulaciones computacionales son una singularidad tecnológica en las ciencias empíricas, e intentar ampliar estas condiciones a simulaciones computacionales que intuitivamente también califican como singularidad. Creo haber mostrado de manera más o menos acertada la primera parte. Es cierto que más cosas deberían haberse dicho, sobre todo en materia de cómo los distintos métodos de verificación y validación contribuyen en la legitimación de las simulaciones computacionales como procesos confiables de formación de creencia. Sin embargo, al final del artículo introduje algunas objeciones que me hago a mí mismo, y que tienen que ver con la supuesta (y heredada) necesidad de tener representación a fin de tener conocimiento. La intención aquí era ampliar lo dicho anteriormente, y no negarlo. Es decir, que si tenemos representación, entonces bajo las condiciones descritas, podemos hablar de singularidad en las simulaciones computacionales; pero si no hay representación (o una representación de segundo orden), entonces queda la pregunta flotando en el aire sobre las posibilidades de hablar de singularidad. Espero que el lector se haya convencido de que, al menos intuitivamente, el ejemplo de Ajelli et al. demuestra la posibilidad de dos simulaciones computacionales que producen datos desplazando al hombre del centro de conocimiento. Sin embargo, especificar cuáles son las nuevas condiciones bajo las cuales este ejemplo califica como singularidad tecnológica es tema para otro trabajo.

Notas

1. Parte del problema aquí es que decir hablar de conocimiento *tan confiable como* el que habría producido el hombre es mera especulación pues, *ex hipótesis*, este conocimiento no pudo haber sido producido por el hombre. En el fondo lo que se buscan son criterios que aseguren que la simulación computacional produce información confiable.
2. Para una revisión general, véase (Durán, 2013a) y (Grüne-Yanoff y Weirich, 2010).
3. A pesar de que la noción de representación viene dada en escalas, y distintos modelos pueden representar características muy diferentes de un mismo sistema objeto, tomo esta noción como una

primitiva y no la discutiré en absoluto. Además, el argumento esgrimido en la sección 4 no requiere de un estudio sobre las distintas gradaciones de la noción de representación.

4. Nótese que si bien aquí me interesan comparaciones con sistemas objetos de naturaleza empírica (e.g., sistemas físicos, económicos, biológicos, etc.), la validación de resultados se puede llevar a cabo de por lo menos otros dos mecanismos diferentes. Por un lado, se pueden validar con los resultados de otra simulación computacional; por el otro, los resultados obtenidos se pueden validar con los valores teóricos del modelo matemático, es decir, aquellos que se obtienen por resolución analítica. Por el momento dejen fuera de consideración estos últimos dos modos de obtención y validación de resultados.

5. Ver nota al pie 4.

6. En la lengua inglesa hay una distinción entre *accuracy* y *precision*. En el texto original, la ASME utiliza el término *accuracy*. En Castellano es difícil encontrar una buena traducción, por lo que aquí utilizo la idea más bien espuria de *exactitud*. Nótese que en teoría de medición, *accuracy* se refiere al conjunto de mediciones las cuales proveen un valor estimado cercano al valor verdadero de la cantidad medida. Este concepto típicamente se asocia con modelos teóricos de un sistema objeto. Por ejemplo, la medición de la velocidad de la luz $c = (3.0 \pm 0.1) \times 10^{10} \text{ cm/s}^2$ es *accurate* pues se aproxima al valor verdadero de la velocidad de la luz, esto es, 2999792458 m/s^2 . La *precision*, por el otro lado, significa que una medición de la incertidumbre de los resultados es relativamente pequeña. Este concepto está típicamente asociado a instrumentos científicos cuando se mide una cantidad física. Por ejemplo, la medición de la velocidad de la luz $c = (2.000000000 \pm 0.000000001) \times 10^{10} \text{ cm/s}^2$ es precisa ya que la incertidumbre estimada del valor es del orden de 0.000000001 . Hay que notar que *precision* no implica *accuracy*; la inversa es también cierta. Ver (Durán, 2013b).

Bibliografía

- AJELLI, M., GONÇALVES, B., BALCAN, D., COLIZZA, V., HU, H., RAMASCO, J. J., MERLER, S. and VESPIGNANI, A.. “Comparing large-scale computational approaches to epidemic modeling: Agent-based versus structured metapopulation models.” *BMC Infectious Diseases* 10, no. 190 (2010): 1–13.
- DURÁN, J.M. (2013a) “A brief overview of the philosophical study of computer simulations”, *APA Newsletter on Philosophy and Computers*, 13(1):38-46.
- DURÁN, J. M. (2013b) *Explaining simulated phenomena. A defense of the epistemic power of computer simulations*. PhD. Dissertation. University of Stuttgart.
- GOOD, I. J. (1965). “Speculations concerning the First ultraintelligent machine”. In F. Alt and M. Rubinoff (eds.), *Advances in Computers*, vol. 6. Academic Press.
- GRÜNE-YANOFF, T., WEIRICH, P. (2010) “The philosophy and epistemology of simulation: a review” *Simulation and gaming*, 41(1):20-50.
- HUMPHREYS, P. (2009) “The philosophical novelty of computer simulation methods”, *Synthese*, 169(3):615-626.
- KURZWEIL, R. (2005). *The singularity is near: When humans transcend biology*. New York: Viking.
- VINGE, V. (1993). “The coming technological singularity: How to survive in the post-human era”. In Proc. *Vision 21: interdisciplinary science and engineering in the era of cyberspace*, 11–22. NASA: Lewis Research Center.

Empatía y actos pro-sociales: acerca de la hipótesis empatía-altruismo

*Mariana Fernández**

La empatía ha sido abordada desde campos de conocimiento muy diferentes, desde la psicología, la educación, la biología y la neurociencia social. También ha sido estudiada desde la psicología moral y la ética, relacionando la motivación moral con la capacidad humana de empatizar. El concepto de empatía ha tenido una gran repercusión en la discusión clásica sobre los fines últimos de las acciones humanas realizadas en favor de los demás, es decir, si son motivados por altruismo o por egoísmo. Filósofos y psicólogos (Baron-Cohen, 2011; Batson, 2011; Brunsteins, 2011; de Waal, 2007; Gomila, 2009; Hoffman, 2002; Prinz, 2011; etc.) se cuestionan, entre otras problemáticas, si la empatía es una motivación necesaria para juzgar y actuar pro-socialmente, o si es una capacidad para ayudar sólo a los más cercanos, sin ninguna consideración por el bien común. En este sentido, es filosóficamente interesante dilucidar si la empatía cumpliría un rol cuando los sujetos actúan en beneficio de otros.

En la actualidad existe un debate sobre qué es la empatía, dado que no existe un acuerdo sobre si la empatía es sólo una capacidad para leer mentes, comprender y entender los estados mentales de los otros, o si se trata de una respuesta afectiva, activa y de preocupación por los demás. Las investigaciones recientes de Batson, Prinz y Baron-Cohen, entre otros, analizan la función de la empatía con respecto a los actos pro-sociales y/o morales. Se podrían organizar sus hipótesis del siguiente modo: 1) la empatía es una capacidad que motiva acciones altruistas, (Batson, 2011); 2) la empatía misma implica una acción moral, pro-social, (Baron-Cohen, 2011; Gomila, 2009); 3) la empatía no es necesaria, ni suficiente para la motivación moral (Prinz, 2011). Mientras Batson considera que la empatía es una fuerte motivadora de las acciones altruistas, Prinz afirma que es una emoción que fomenta el beneficio de sólo los conocidos, a muy bajo costo personal y que en algunas ocasiones la misma puede ser perjudicial para la motivación moral. Baron-Cohen, por su parte, propone como requisito para empatizar, el hecho de tener una respuesta activa en relación con el otro en una situación de necesidad.

En el siguiente trabajo, analizaré la postura de Batson. Tengo como objetivos evaluar críticamente su hipótesis sobre la relación empatía y altruismo, como así también, particularmente, su concepción de empatía y de altruismo. Luego propondré una tesis “débil” y alternativa, en comparación con la tesis “fuerte” de Batson, con respecto a la relación empatía y motivación pro-social. Sostendré que la empatía es integral (Decety y Jackson, 2004) y es necesaria (Baron-Cohen, 2011) pero no suficiente para motivar la acción pro-social. Propondré que la empatía es compleja, abarcando aspectos cognitivos y emotivos, que permiten considerarla como una capacidad humana importante y necesaria para motivar la acción pro-social, pero no como la única fuente determinante de la misma.

* Universidad Nacional de Córdoba

Preocupación empática

La tesis de Batson (2011) está compuesta por dos conceptos o variables: la preocupación empática y la motivación altruista. A continuación describiré en los propios términos del autor estas dos concepciones para luego analizarlas particularmente. El autor diferencia la “emoción empática” de la “preocupación empática”. La primera tiene que ver con “aquellas emociones producidas por y congruentes con el estado del otro” (Batson, 2011: p.11). En cambio, la “preocupación empática es la emoción orientada al otro, producida por y congruente con el estado del otro en necesidad” (Batson, 2011: p.11). La versión extensa de la definición agrega que cuando se habla de “congruente” no se refiere al contenido de la emoción sino a su valencia, es decir si es positiva o negativa. “Congruente” no se refiere a un contagio emocional o al compartir emociones idénticas. Una emoción percibida como negativa, provocaría una congruente también negativa. Por ejemplo, sería congruente sentirse triste por alguien a quien le acaban de robar, que está enojado y miedoso.

Resulta importante destacar que “no toda emoción empática produce la motivación altruista, sólo la preocupación empática” (Batson, 2011: p.11). Esto es debido a que sólo se siente preocupación empática cuando se percibe al otro en situación de necesidad. La percepción es justamente lo que hace desencadenar la acción de ayuda al que lo necesita. La preocupación empática es orientada al otro, lo que significa que se siente por el otro. Por ejemplo, “siento tristeza por mi amigo a quien le acaban de robar”. Además, abarca varias emociones, incluye sentimientos de simpatía, compasión, ternura, lástima, tristeza, enojo, angustia, preocupación y dolor.

El autor separa su concepción de preocupación empática de otras siete acepciones de empatía: a) saber lo que la otra persona está pensando o sintiendo, b) adoptar la postura del otro, c) sentir lo que siente el otro, d) proyectarse uno en la situación del otro, e) imaginar lo que el otro está pensando o sintiendo, f) imaginar como uno pensaría o sentiría en el lugar del otro, g) sentir dolor cuando se atestigua el sufrimiento de la otra persona.

Motivación altruista

Batson define a la motivación altruista como el “deseo de beneficiar al otro por su bienestar y no por el de uno”; “es un estado motivacional con el fin último de incrementar el bienestar del otro”. (Batson, 2011, p.20). Cuando Batson se refiere a este término ofrece una concepción que se relaciona con el deseo, con el impulso, con la fuerza, dirigida hacia un fin bien específico: aumentar el beneficio de otro sujeto. El fin, es un fin último. Esto significa que es un fin en sí mismo, no en sentido instrumental. Es decir, no es un fin previo que es un medio para otro fin. El estado motivacional altruista tiene cuatro componentes, que a su vez pueden ser concebidos como pasos, es decir, como proceso:

1. el “fin” es el deseo del sujeto del cambio imaginado en el mundo cotidiano, el objetivo hacia donde se dirige;
2. la “fuerza” es el impulso, la energía, lo que hace que se mueva el sujeto y lo conduzca a dirigirse a su objetivo o fin;

3. la superación de cualquier barrera que exista entre el sujeto y el acceso al fin, esto significa encontrar otras vías de satisfacción o logro del objetivo o fin si alguna se encuentra obstruida;
4. la desaparición de la fuerza cuando se consigue el fin u objetivo.

Existen cuatro usos del término altruismo que Batson no tomará en cuenta; 1) como conducta de ayuda y no como motivación; 2) como actuar moralmente; 3) como ayudar para obtener recompensas internas y no externas; y 4) como beneficiar a otro para reducir la aversión al atestiguar su sufrimiento.

La preocupación empática produce motivación altruista

Batson desafía a las posturas “egoístas” que comúnmente los psicólogos y filósofos asumen como explicación de la motivación de la conducta pro-social humana. El autor plantea la hipótesis de que la empatía lleva a la motivación altruista verdadera, que tiene como fin último el beneficio de los demás. Por lo tanto, sostener que sólo las causas egoístas son las determinantes de las acciones pro-sociales, sería un análisis limitado del comportamiento humano.

La tesis de Batson que él mismo denomina como “fuerte”, es que toda motivación producida por la preocupación empática es altruista. Mientras más empatía se siente por la persona en situación de necesidad, más motivación se tiene para ayudar al que lo necesita y con el fin último de que se beneficie el que recibe la ayuda y no uno mismo. Aunque aclare que la preocupación empática no es la única fuente de la motivación altruista, sino que es *una* fuente, subsiste la necesidad entre las dos variables. Cada vez que el sujeto sienta preocupación empática, producirá la motivación altruista.

El autor señala la posibilidad de que el sujeto se sienta motivado de manera egoísta al sentir la preocupación empática. El hecho de que la preocupación empática lleve a motivar altruistamente al sujeto, no significa que no pueda motivarlo de forma egoísta también. Por eso, destaca el autor que, es condición necesaria la percepción del otro en necesidad para que la preocupación empática provoque motivación altruista.

Sin embargo, la percepción del otro en necesidad, no garantiza que el sujeto estará motivado sólo de manera altruista. Las motivaciones egoístas y altruistas pueden ocurrir al mismo tiempo y como producto de la preocupación empática. Son distintas, porque cada una tiene un fin último diferente. Para conocer cuál será la motivación que lleve a la acción, deben medirse las magnitudes de cada una y ver su compatibilidad. Batson sostiene que si la preocupación empática está producida por la percepción del otro en necesidad y la valoración de su bienestar, da como resultado una fuerte motivación altruista.

El problema de la investigación y testeo de la hipótesis subsiste: ¿Acaso no existen múltiples fines para una sola acción? ¿Cómo puede comprobarse el fin último de una acción si beneficia tanto a uno mismo como al otro en necesidad? Parece que no es posible comprobar empíricamente los fines últimos de las acciones humanas de ayuda. Pero Batson responde a este problema reconociendo que, en primer lugar, las acciones de ayuda pueden ser motivadas por fines múltiples; y en segundo lugar, que la preocupación empática puede producir tanto

motivación altruista como egoísta, pero los beneficios propios obtenidos al ayudar al otro, como reducir la aversión de verle sufrir, evitar el castigo y obtener recompensas sociales-morales, son consecuencias no deseadas, no son el fin último de la ayuda brindada. La preocupación empática es la que conduce a motivaciones altruistas fuertes, de mayor magnitud que las egoístas. Además, Batson no involucra en su hipótesis a la acción altruista, sólo a la motivación. Las conductas de beneficiar al otro o ayudar, son sólo tenidas en cuenta en su investigación como parte de su estudio empírico. Claramente está sosteniendo un altruismo psicológico: deseo de beneficiar al otro con el fin último de su bienestar y no por beneficio propio.

Preocupación empática: ¿muchas emociones?

Batson define a la empatía como el estado emocional de preocupación empática y sostiene que incluye en el mismo varias emociones: simpatía, compasión, ternura, tristeza, dolor, etc. Pueden verse al menos dos problemas con respecto al definir de esta manera a la empatía para su propio objetivo de investigación.

En primer lugar, resulta difícil vincular un evento que es múltiple en cuanto a emociones, con la motivación que produce el mismo. ¿Es posible definir a la preocupación empática como muchas emociones y al mismo tiempo intentar probar su motivación? Muchas emociones pueden producir múltiples tipos de motivaciones. Por lo tanto, por más que Batson defina a la preocupación empática como la emoción orientada al otro, producida por y congruente con el estado del otro en necesidad, cuando dice que la misma incluye una gama de emociones, no es una ventaja para sostener su hipótesis. En términos de Batson, la emoción que se siente por el otro en necesidad, es una emoción de la misma valencia y es producida por el estado emocional del otro. Entonces, en cada situación se dará un estado emocional complejo pero en relación a lo que siente el sujeto con quien se empatiza. Tal como la define Batson, la empatía es la capacidad de sentir por el otro y no está compuesta por una variedad de emociones. Si ese fuera el caso, su hipótesis de que produce motivación altruista sería difícil de probar. No es necesario ni ventajoso definir de esa manera a la preocupación empática, porque pierde fuerza, se convierte en un concepto y evento vago, laxo y complicado de determinar. La empatía tendría como un contenido vacío, es en potencia, es como la “X” de las emociones, que se rellena o se conoce su valor en el momento en el que se siente. Volviendo al ejemplo, “estoy triste porque le robaron a un amigo, que se encuentra enojado y miedoso”.

Batson le adjudica mucha importancia al aspecto puramente emotivo de la preocupación empática. Si bien propone que sin “percepción del otro en necesidad” y “evaluación de su bienestar”, (que pueden ser considerados mecanismos cognitivos), no se produce la preocupación empática, su forma de definirla sigue siendo puramente emotiva y general. Esta forma de considerar a la empatía es material de crítica para filósofos como Prinz (2011) que no considera que las experimentaciones realizadas por Batson sean lo suficientemente concluyentes para sostener su hipótesis.

Para Prinz es más fructífero estudiar otras emociones que se involucran en la motivación

altruista y que Batson no considera en sus experimentaciones. Deberían considerarse las otras emociones que un mismo experimento provoca en los sujetos, que son independientes de la empatía. Se puede generar un sufrimiento que desencadena, culpa y empatía. Para Prinz, la motivación altruista, no es simple sino compleja y puede tener varias fuentes de influencia emocional. El estado motivacional se compone por diferentes emociones, unas que causan otras y luego provocan la acción altruista. Ningún estudio podría ser lo suficientemente específico para detectar que se ocasiona sólo empatía, que únicamente ésta origina la motivación y en consecuencia la acción. Existen muchos otros factores involucrados y sería extremadamente difícil encontrar un estudio que muestre con fuerza la hipótesis de Batson. Los estudios realizados hasta ahora no son lo suficientemente concluyentes para determinar con claridad una incidencia notable de la empatía en la conducta altruista, ya que es muy difícil construir un caso adecuado para mostrar esto con exactitud, y que no se acoplen motivaciones de otras emociones como la culpa o la recompensa emocional.

Entonces la empatía por sí sola no motivaría la acción altruista, sino que Prinz propone que tanto la culpa y la recompensa tienen un alto grado de eficacia en la motivación altruista. La empatía, en estos casos, no aparece. Cuando se supone que habrá recompensa luego de la ayuda, la motivación claramente no es la empatía.

La crítica de Prinz es que es imposible encontrar una forma de probar la hipótesis de Batson, porque 1) no existe una sola fuente de la motivación altruista y 2) no se puede detectar exactamente a través de experimentos qué emociones se desencadenan, y cómo se relacionan entre sí. Por lo tanto, la definición de Batson, puramente emotiva y general, hace posible la crítica de Prinz, dejando abierta la posibilidad de que otras emociones sean motivadoras del altruismo. Proponer que la empatía es una variedad de emociones complica y confunde más aún a la hora de tratar de encontrarla en los sujetos.

En segundo lugar, al definir a la empatía como sólo emotiva, también da lugar a críticas que tienen que ver con el sesgo y manipulación de la misma. Las motivaciones fuertes altruistas que se le adjudica a la preocupación empática, quedan relativizadas al no incluir en su definición ningún tipo de característica cognitiva, contextual que influya y aporte como elemento de regulación de las emociones.

Prinz dice que al percibir emocionalmente al otro lo podemos juzgar como “bueno” cuando en realidad no lo es. Para esta afirmación se basa en casos de jurados que empatizan con el delincuente. Cuando éste se muestra arrepentido y emocionalmente sensible hacia el delito que cometió, el jurado empatiza con él. Es sencillo provocar empatía en el otro, apelando al arrepentimiento. Es así como, su juicio y acción moral, se nublan y dictan una pena menor al acusado. El problema es que, un delincuente que sepa que puede influenciar al jurado, haciendo que empatice con él, puede beneficiarse y no tener un juicio justo. La empatía impide el curso adecuado de la justicia, importan más las emociones desencadenadas en el proceso, que los hechos, las víctimas dañadas y la responsabilidad del acusado.

A pesar de que Batson no se involucre con la moralidad y la justicia en relación a la

empatía, la crítica de Prinz es hacia la fragilidad de las capacidades emotivas de los sujetos, a lo cambiante e influenciable que pueden ser las emociones y cómo eso repercute en las motivaciones de acciones con los demás. Por eso, volviendo al punto, no es una ventaja dejar de lado las capacidades cognitivas que regularían a la empatía para relacionarla con la motivación altruista.

También desde la crítica de Prinz puede decirse que Batson olvida que la preocupación empática puede ser sesgada. El “sesgo de la similitud”, (Hoffman, 2002) se ve reflejado en los casos donde los sujetos empatizan en mayor medida con los parecidos a sí mismos, que con los diferentes. Estudios de neuro-imagen realizados en participantes de diferentes orígenes étnicos revelan que los caucásicos se identifican más con el dolor de los de su propia raza que con los participantes chinos o africanos. (Prinz, 2011). Las consecuencias de empatizar más con los del mismo grupo o raza es que suele beneficiarse a los parecidos a “uno” en casos en los que no lo merecen y no actuar en beneficio, o pro-socialmente hacia los distintos.

Motivación altruista vs motivación pro-social

Una vez analizada la primera variable de la tesis fuerte de Batson, la preocupación empática, ahora es momento de pasar a la motivación altruista. Sostengo que no provee la mayor de las ventajas hablar de motivación altruista cuando se relaciona empatía con el comportamiento social de los humanos, debido a que, se limitaría el espectro de acciones que podría desencadenar o motivar la empatía. Si sólo se vincula a la empatía con ayudar a quien está en situación de necesidad, toda una serie de motivaciones relacionadas con el bienestar de la sociedad y la prevención de la violencia, no estarían incluidas (Brunsteins, 2011; Feshbach, 2009; Gomila, 2009, etc.). La manera en que Batson relaciona la empatía con el altruismo, es en respuesta a la pregunta por los fines últimos de las acciones humanas de ayuda. El acento que realiza el autor es sobre si existe o no el altruismo. Utiliza a la preocupación empática como el factor determinante de ciertas acciones altruistas, pero deja de lado la pregunta por la empatía misma y su incidencia en la tolerancia, la no discriminación, la toma de conciencia con respecto a derechos humanos, etc. Los casos que hago referencia son en los cuales surge la empatía sin un sujeto en necesidad presente, son en relación a problemas sociales, culturales, políticos y morales. No necesariamente la experiencia de empatía produce ayudar, salvar o beneficiar al otro. Por lo tanto, la motivación altruista definida como lo hace Batson no refleja este otro tipo de repercusiones que tiene la empatía en favor de problemas sociales más generales.

Hablar en cambio de una “motivación pro-social” en relación a empatía resulta más adecuado y amplio, donde puedan incluirse los diferentes y posibles caminos hacia los cuales la empatía puede conducir. Se abre además la posibilidad de que la empatía pueda servir como herramienta para ayudar no sólo a víctimas, es decir, a los sujetos en situación de necesidad, sino también a una concientización y cambio social. El “entrenamiento empático” propuesto por Feshbach, N. D. y Feshbach, S. (2009), está enfocado hacia todos los integrantes de una escuela, para que se realice un cambio emocional y consciente. Los autores sostienen que la

empatía juega un rol para la conducta pro-social y tiene una función en los niños que les permiten mayor entendimiento, compasión y regulación de la agresión. Brunsteins (2011) en concordancia con Gomila (2008), habla de que “el desarrollo y mejoramiento de la capacidad humana de empatizar aporta a la construcción de un modelo de sociedad más tolerante a las diferencias sociales, de género, políticas y religiosas, entre otras”. (p.1) Su trabajo se apoya en la idea de que en museos y distintas creaciones sociales-culturales, en Argentina y el mundo suponen una noción de empatía efectivamente interdisciplinaria.

Propongo que, a la luz de lo expuesto anteriormente, cuando se hable de la empatía relacionada con la motivación de acciones intersubjetivas, se utilice el término motivación pro-social, porque no sólo abarca acciones de ayuda al necesitado como lo hace el término altruismo, sino también acciones en favor de la sociedad en general.

¿La preocupación empática siempre provoca motivación altruista?

Con respecto a la tesis de Batson, pueden encontrarse ejemplos donde la empatía no provoca altruismo.

En el contexto de un juicio hacia un asesino o un violador, un sujeto puede percibir la situación de necesidad del sujeto enjuiciado, valorar cuál sería su bienestar y preocuparse empáticamente por el mismo. Pero el sujeto que empatiza, no traspasaría al estado motivacional altruista, justamente porque posee información del sujeto con quien está empatizando. Las leyes, las reglas morales imponen su normatividad en su motivación. Allí, a pesar de tener preocupación empática, no llega a ser lo suficientemente fuerte como para motivar altruismo debido a que el sujeto en cuestión es un asesino o un violador. Existen ciertas ocasiones en las cuales se empatiza con otro sujeto en situación de necesidad, y sin embargo no se produciría motivación altruista. Se puede empatizar con un asesino o un violador y no ayudarlo, en este caso la empatía no sería una fuente del altruismo, se genera un rechazo o desaprobación moral (Hume, 1739/1978) que proviene del conocimiento de su conducta y de las reglas morales.

Otro caso de preocupación empática que no motiva altruistamente es cuando se empatiza con alguien que es realmente difícil de ayudar, por la distancia física. En esta ocasión es posible empatizar con alguien en necesidad y que no se genere un rechazo como en el caso del asesino o violador, pero tampoco provocaría la motivación altruista. La situación se da cuando se siente preocupación empática hacia alguien que vemos en la televisión que ha sido víctima de una catástrofe. Puede existir el deseo de beneficiar al otro por su bienestar, de satisfacer su reciente necesidad, pero si vive en Japón, la fuerza de la motivación no es suficiente para actuar.

Teniendo en cuenta las consideraciones realizadas con respecto a la concepción de preocupación empática, de motivación altruista y la tesis de Batson, no se puede sostener una tesis fuerte con respecto a la empatía y su incidencia en las acciones pro-sociales porque:

5. Al ser la empatía puramente emotiva y toda una gama de emociones, es muy difícil detectar su relación con los fines últimos de las acciones altruistas

6. La empatía al no incluir un componente cognitivo y-o contextual, puede argumentarse

fácilmente que es sesgada y manipulable

7. La preocupación empática no siempre desencadena la motivación altruista, por lo tanto no es condición necesaria y suficiente para actuar de manera altruista o pro-socialmente

Defensa de la tesis “débil”: La empatía es “necesaria” pero no es suficiente para la motivación pro-social

La tesis que defiendo a diferencia de los autores (Baron-Cohen, 2011; Batson, 2011; de Waal, 2007; Gomila, 2009; Prinz, 2011) es que la empatía es integral y compleja, lo cual permite ver a la misma como una capacidad humana “necesaria” para motivar la acción pro-social, pero no como la única fuente determinante de la misma; *la empatía sería concebida como una motivadora necesaria aunque no suficiente para influir en una vasta gama de acciones pro-sociales*. Batson (2011), ha afirmado que la empatía es necesaria y suficiente para la motivación altruista. Si bien mi postura es diferente, acuerdo con que la empatía tiene aspectos positivos fuertes para mejorar las relaciones sociales y ser el puente hacia la ayuda en algunas ocasiones. A pesar de ser criticado por no demostrar de manera concluyente que existen las motivaciones altruistas verdaderas sin ningún tinte egoísta, el autor si ha podido demostrar que la empatía es un factor causal para la conducta pro-social. (Stueber, 2014) Es a partir de sus experimentos que puede sostenerse y valorarse a la empatía de manera positiva. Sus investigaciones son una alternativa diferente a las posiciones que sostienen que la empatía tiene un lado oscuro y que sus sesgos le quitan valor (Prinz, 2011). Además, a pesar de sostener una tesis fuerte no deja de considerar las limitaciones de la empatía y del alcance de la misma, reconociendo que no siempre motiva de manera altruista. (Batson, 2011)

Entonces, considero a Batson la fuente de mi tesis, distanciando mi postura de la suya, proponiendo que la empatía no es suficiente motivación pro-social, ampliando su espectro de posibilidades más allá del altruismo y considerándola necesaria de manera diferente. “Necesaria” en el sentido en que Baron-Cohen (2011) lo afirma: la empatía es necesaria para reconocer al otro como sujeto y no como objeto, es condición necesaria para evitar agresión y crueldad. La empatía es la capacidad humana primaria para considerar a los otros como sujetos iguales, lo cual hace de la misma una herramienta preventiva de la violencia. De esta forma, la empatía es necesaria para las circunstancias citadas, evitar agresiones escolares, mejorar la convivencia, prevenir conflictos raciales, promover el concepto de derechos humanos, etc. Sin embargo, no logra motivar por sí sola acciones pro-sociales.

Sostengo una concepción de empatía como aquella capacidad que comprende tanto factores afectivos como cognitivos. La empatía implicaría “ponerse en el lugar del otro” a nivel emocional y cognitivo, es conocer al otro y sentir con el otro, pero sin confundir mis estados mentales con los del otro/a con quien empatizo. Específicamente, esta definición está basada en lo que proponen Decety y Jackson (2004), desde la neurociencia social, una empatía compleja. Según los autores, hay tres componentes que interactúan de manera dinámica, produciendo la experiencia de empatía en humanos. Los componentes son: 1) el hecho de compartir un

afecto/sentimiento entre el yo y el otro, basado en las percepciones y acciones que nos llevan a compartir representaciones; 2) conciencia de la diferencia entre el yo y el otro, sin que haya una confusión entre mis estados mentales y los del otro 3) flexibilidad mental que significa poder adoptar la perspectiva subjetiva del otro y tener un buen sistema auto-regulatorio. Como puede verse mi concepción de empatía es neutral, pues no abarca en ella una respuesta activa hacia las personas que sufren.

Teniendo en cuenta las observaciones sobre la hipótesis empatía-altruismo, se mostró que a pesar de que se presente la empatía, no siempre se desencadena la motivación pro-social. Por ello, propongo una postura intermedia:

- La empatía es una motivadora necesaria pero no suficiente para influir en una vasta gama de acciones pro-sociales. “Necesaria” en el sentido de Baron-Cohen, para considerar al otro como sujeto y no como objeto. La empatía sería una condición necesaria para evitar agresión y crueldad, pero no suficiente para motivar por sí sola acciones pro-sociales

- La empatía es una capacidad humana importante para las relaciones interpersonales, en algunas ocasiones, motiva las acciones pro-sociales que realizamos.

- La empatía es “neutral”, es decir, no es en parte una respuesta activa y tampoco es puramente contagio emocional, lo cual hace que sea una concepción más apropiada para que sea considerada una motivación de la conducta pro-social.

A la luz de las características que le he atribuido a la empatía anteriormente, sostengo que esta forma de concebirla, como una capacidad humana neutral, amplia y que comprende tanto factores afectivos como cognitivos, permite establecer un vínculo entre empatía y acción pro-social. Es posible considerar a la empatía como una herramienta productiva y efectiva debido a que su parte emotiva no inhibe las capacidades de discernimiento. Si bien es necesario el contagio emocional para que se desencadene la empatía, no es lo único que la compone. El caso es que, la auto-regulación de la emoción propia y la conciencia de diferenciación del yo y del otro, son los mecanismos cognitivos que limitan a los emotivos, produciendo efectos positivos, como el reconocimiento del otro como tal, la concentración en su situación, la verdadera comprensión de la misma, etc. Es así como, la empatía definida con ambos componentes, es una motivación adecuada para ser relacionada con la conducta pro-social porque tiene ciertos límites, se auto-regula y se adecua al contexto.

Al afirmar que es neutral con respecto a que no impera en su ontología ni los aspectos cognitivos o emotivos, también afirmo que es compleja. Entonces todas las ventajas mencionadas anteriormente están vinculadas con la neutralidad y objetividad de la empatía. Esto es debido a que la empatía no es una emoción, como la simpatía o la compasión, que son relacionadas de manera directa a una acción bondadosa. La empatía puede o no, desencadenar o motivar acciones altruistas o consideradas buenas moralmente. Se sigue de esto, la segunda razón por la cual el fenómeno de empatizar es neutral: no requiere de una acción para ser tal. Es posible empatizar sin la necesidad de actuar. Al ser la empatía neutral en este último sentido

con respecto a las prácticas altruistas, la hace independiente del problema de las motivaciones humanas y sus razones. También evita que se le atribuyan “poderes” que la empatía no posee. Al empatizar, el sujeto puede sentirse motivado a actuar en muchas ocasiones, pero como afirma Baron Cohen, las motivaciones son múltiples y es difícil de comprobar cuál fue la que fuertemente determinó cierta acción como resultado. Una empatía **neutral** es una concepción más apropiada para que sea considerada una posible motivación de la conducta pro-social.

Además, pensarla sólo como posible herramienta, puente, o estadio previo de la acción pro-social, permite que no sea la única fuente y motivación de la misma. Es posible continuar en la búsqueda de otros motivadores, ya sean emociones como también normas sociales y morales. La empatía tiene la importancia ser necesaria para prevenir la crueldad humana, pero no tiene la fuerza y el poder suficiente para ser determinante de todas las acciones pro-sociales. Batson está en lo correcto al considerar a la empatía como una motivadora de la acción altruista, pero al definirla como una emoción que sólo se desencadena cuando se percibe la necesidad del otro, en primer lugar, deja fuera otros tipos de empatía que incluyen aspectos cognitivos; en segundo lugar, la empatía se experimenta en muchas ocasiones y no siempre tiene como resultado ayudar. El autor le atribuye “poderes” a la empatía que demuestra no poseer.

De esta manera *concibo a esta empatía como una posible motivadora de cierta variedad de acciones pro-sociales*. Propongo considerarla como una capacidad humana que se utiliza diariamente para las relaciones interpersonales. Sin embargo en algunas ocasiones, la empatía es la base, es la motivación de acciones que favorecen la convivencia en los diferentes ámbitos sociales. También la considero una fuerte herramienta de prevención de la violencia. Aquí no afirmo que la empatía es necesaria y suficiente para motivar moralmente o para ser altruistas. Sostengo que la empatía favorece la convivencia entre los diferentes debido a que puede ser entrenada (S. Feshbach y N.D Feshbach, 2009) y previene la violencia, por el hecho de permitir reconocer a otro ser humano como tal y no como objeto. (Baron Cohen, 2011). Esto no significa que es una fuente de bondad y preocupación como se la suele considerar, ni es la única herramienta para favorecer la convivencia y prevenir la violencia.

Conclusión

A modo de conclusión y cierre del trabajo aclaro las diferencias esenciales entre mi propuesta y la de Batson. En primer lugar, sostengo una tesis débil frente a su tesis fuerte sobre empatía como provocadora de la motivación altruista. En segundo lugar, defino a la empatía como una capacidad a desarrollar, con aspectos emotivos y cognitivos, mientras que Batson, considera que es un constructo de emociones, que se experimenta al atestiguar el sufrimiento de un otro, que llama preocupación empática. Habla de lo que comúnmente se llama compasión y no incorpora un aspecto cognitivo y-o contextual dentro de la concepción de empatía. Por último, el tipo de motivación más adecuado para poder sostener una relación entre empatía y acciones intersubjetivas, sociales, morales, etc. sería pro-social y no motivación altruista, como sostiene Batson. Sería limitar la amplitud del alcance de empatía y no considerarla como herramienta

preventiva y de concientización hacia problemas sociales generales. La empatía no sólo es respuesta hacia la observación de víctimas o sujetos en situación de necesidad.

Sostengo por lo tanto que la empatía es necesaria pero no suficiente para motivar las acciones pro-sociales y disminuir la agresión. La autorregulación como componente de la empatía es lo que permite limitar lo emocional y a la vez motivar la reflexión hacia una mejora de situaciones conflictivas. Creo que Batson no logra resolver la discusión altruismo-egoísmo con su tesis fuerte sobre la empatía.

El debate sobre el origen y los fines últimos de las acciones intersubjetivas, sigue en vigencia. Las investigaciones de psicólogos sociales como Batson y Baron-Cohen, arrojan un poco de luz a estos interrogantes. Sin duda la capacidad de empatizar de los humanos tiene su lugar en estas discusiones, por lo tanto continuar investigando esta temática queda como tarea a seguir. Sostener una concepción de empatía con las características ya nombradas, poniendo acento en que es una capacidad posible de ser desarrollada, entrenada y aumentada sería altamente recomendable para contribuir a acciones pro-sociales.

Bibliografía

- BARON-COHEN, S. (2011). *The Science of Evil: On Empathy and the Origins of Cruelty*, Nueva York: Basic Books.
- BATSON, D. (2011). *Altruism in Humans*, Oxford: Oxford University Press.
- BRUNSTEINS, P. (2011). Empatía. Una herramienta para la construcción de una sociedad más justa. Universidad Nacional de Córdoba, Escuela de Filosofía y CIFYH.
- DECETY, J. & JACKSON, P. L. (2004). The Functional Architecture of Human Empathy. University of Washington, In *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, June, 3, 2, 71-100.
- DE WAAL, F. (2007). *Primates y Filósofos. La evolución de la moral del simio al hombre*. Barcelona: Paidós.
- FESHBACH, N. D. & FESHBACH, S. (2009). Empathy and Education. En Decety, J. y Ickes, W, (Eds.), *The social neuroscience of empathy* (85-97). Cambridge: The MIT Press.
- GOMILA, A. (2009). La relevancia moral de la perspectiva de segunda persona. Departamento de Psicología, Universidad de las Islas Baleares, En línea: http://www.antonigomila.files.wordpress.com/2009/01/homenatge_rabossi_prepidpf.
- HOFFMAN, M, L. (2002). *Desarrollo moral y empatía*. Barcelona: Idea Books.
- HUME, D. (1739/1978). *A treatise of human nature*. P.H. Nidditch, Oxford: Oxford University Press.
- PRINZ, J. (2011) Against Empathy, *Southern Journal of Philosophy*, 49 (s1): 214-233
- STUEBER, KARSTEN, "Empathy", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2014 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <<http://plato.stanford.edu/archives/win2014/entries/empathy/>>.

Información genética y selección natural: Problemas del enfoque intencional-seleccionista

María José Ferreira Ruiz*

Introducción

Desde el surgimiento de algunas teorías relativas a la comunicación y a la información (el caso de la *Teoría Matemática de la Comunicación* de formulada por Claude Shannon en 1948), los términos informacionales fueron incorporados por diversas disciplinas y áreas de conocimiento. La biología no es ninguna excepción. En su artículo de 1958, *On Protein Synthesis*, Francis Crick usó la expresión “información genética” para referirse a la especificidad de la acción de los genes para producir los aminoácidos de las proteínas. Desde entonces, el concepto de información en biología molecular pasó a formar parte del vocabulario estándar y del modo habitual de concebir los procesos genéticos. De acuerdo con las teorías iniciales de la biología molecular, toda la información hereditaria reside en la secuencia de ADN de los organismos, esta información se transfiere desde el ADN al ARN mediante el proceso de *transcripción*, y del ARN a la proteína mediante el proceso de *traducción* (Crick, 1958; Alberts *et al.*, 2010).

Pero a pesar de su extendido uso, no queda del todo claro a qué refiere el término ‘información’ al seno de la biología, que no cuenta con nada parecido a una teoría propia de la información biológica. El problema puede ser puesto en estos términos simples: *¿qué significa que los genes llevan información?* Algunos escépticos han objetado el uso del término (ver Oyama, 1985; Oyama, Griffiths y Gray, 2001), mientras que otros se han propuesto elucidar el término y justificar su uso. El biólogo evolutivo John Maynard Smith (2000a, 2000b) ha ofrecido un enfoque acerca de la información genética que parece gozar de cierta aceptación entre los biólogos, y que aquí llamaremos ‘intencional-seleccionista’ (IS). De acuerdo con este enfoque, los genes llevan información sobre los rasgos fenotípicos porque satisfacen dos criterios. Primero, porque cumplen funciones que se pueden caracterizar como *arbitrarias* y, segundo, porque han sido seleccionados naturalmente por cumplir esas funciones. Sin embargo, los genes no son las únicas entidades portadoras de información de acuerdo con este enfoque: un tipo particular de proteínas, las proteínas reguladoras, también cumplen con estas dos condiciones. El enfoque IS presenta algunos elementos teleosemánticos, tal como una concepción etiológica de las funciones, aunque no intenta seguir rigurosamente ninguna teoría teleosemántica en particular. También se trata de uno de los enfoques, desde mi punto de vista, más problemáticos y ambiguos.

El objetivo de este artículo es argumentar que el enfoque IS no es del todo satisfactorio, en tanto encierra dificultades y contiene puntos oscuros. Para llevar a cabo este objetivo, el

* Universidad de Buenos Aires / CONICET

trabajo se articula como sigue: en la Sección 2, haré una presentación sistemática del enfoque, la Sección 3 estará dedicada a desarrollar sus aspectos problemáticos y, por último, en la Sección 4, ofreceré un balance del análisis y algunas conclusiones finales.

1. Elementos del enfoque intencional-seleccionista

1.1 Elementos teleosemánticos

Como adelanté, la propuesta seleccionista contiene rasgos propios de la teleosemántica, de modo que conviene señalar algunos de sus lineamientos fundamentales. La teleosemántica es un programa de abundante desarrollo, sobre todo en los contextos de la filosofía de la mente, de la filosofía del lenguaje y dominios relacionados con éstos. Este programa vincula el significado con la función y la función, a su vez, con la selección natural. Concretamente, procede reduciendo el significado a una función biológica y adscribiendo a la función una historia selectiva (Griffiths, 2001). En última instancia, se trata de una estrategia para naturalizar las propiedades semánticas (Godfrey-Smith, 2006), esto es, dar cuenta de ellas como relaciones naturales, sobre todo para dar cuenta del contenido mental y ofrecer teorías sobre este contenido. Por ejemplo, dos de las nociones que se ha buscado naturalizar han sido la de intencionalidad y de representación (Godfrey-Smith, 2006; Griffiths, 2001).

La mayoría de los teóricos teleosemánticos adoptan una noción *etiológica* de las funciones, de acuerdo con la cual, dicho rápidamente, la función de algo es aquello que hacían sus tipos ancestrales y que contribuyó a su supervivencia y reproducción, y que explica la presencia actual de ese algo. Una noción etiológica se opone, básicamente, a la idea de que la función es aquello que la cosa realiza *actualmente* (Millikan, 1984; Kingsbury, 2006). Esta idea se puede ejemplificar con el caso del corazón:

“La función de mi corazón es bombear sangre, porque bombear sangre es lo que los corazones de nuestros ancestros hicieron y que contribuyó a su supervivencia y reproducción y, así, contribuyó a la persistencia de corazones de ese tipo en la población, y eso explica mi posesión de un corazón (Kingsbury, 2006: 2)”.

La propuesta IS no consiste en un intento de aplicar a los genes una teoría teleosemántica definida ni de un modo completo o detallado. Antes bien, utiliza como herramienta una idea básica de la teleosemántica y la aplica de un modo bastante general. La propuesta puede calificarse como teleosemántica, entonces, en la medida en que concibe la información como algo de carácter semántico y las propiedades semánticas como vinculadas con la noción de función, afirmando que los genes llevan información para el desarrollo del fenotipo en virtud de que ejecutan funciones que han sido seleccionadas.

1.2 Dos criterios para la información

El enfoque IS ofrece dos criterios para afirmar que los genes llevan información. En primer lugar, una estructura biológica porta información cuando la relación entre la forma de una estructura no determina su función. En tal caso, se dice que la función es ‘arbitraria’. El segundo criterio

introduce una consideración etiológica: “el ADN contiene información que ha sido programada por selección natural” (2000: 190). De acuerdo con dicho criterio, hay información cuando la estructura ha sido seleccionada. Examinemos estos dos criterios en detalle.

a) Funciones arbitrarias o simbólicas

En primer lugar, se ofrece la siguiente definición parcial de información: “En biología, la afirmación de que A lleva información acerca de B implica que A tiene la forma que tiene porque lleva esa información” (Maynard Smith, 2000: 189). Si aplicamos esta definición a los genes, obtenemos que “una molécula de ADN tiene una secuencia particular porque especifica una proteína particular” (Maynard Smith, 2000: 189-190). Sin embargo, advierte, nada en la *forma* de un codón determina que éste codifique un aminoácido particular. En el enfoque, esto significa que la relación codón-aminoácido es *arbitraria*, en un sentido previamente definido por Jacques Monod en su clásico libro *El azar y la necesidad* (1993 [1970]):

“No existe relación estérica¹ directa entre un triplete codificante y el aminoácido codificado. Esto entraña una conclusión muy importante: este código (...) parece químicamente arbitrario, en el sentido de que la transferencia de información podría tener lugar perfectamente según otra convención” (Monod, 1993 [1970]: 121).

El enfoque sigue esta noción de arbitrariedad, y Maynard Smith añade que puede ser vista, también, como una relación *simbólica*:

“La correspondencia entre un codón particular y el aminoácido que codifica es arbitraria. Aunque la decodificación depende necesariamente de la química, la maquinaria decodificadora (ARNt, enzimas) podría ser alterada de modo de alterar las asignaciones. En este sentido el código es simbólico” (Maynard Smith, 2000: 183).

Por ejemplo, “CAC codifica la histidina, pero no hay ninguna razón química por la cual no pudiera codificar la glicina” (2000: 185). Esta arbitrariedad de la relación es una de las condiciones que, de acuerdo con el enfoque, permiten atribuir la propiedad de llevar información a los genes. Dicho en otros términos, cuando la función de una estructura no está determinada por su forma (esto es, cuando la relación es arbitraria/simbólica), esa estructura lleva información para su producto.

b) Evolución por selección natural

Como adelanté, una segunda definición parcial introduce el requerimiento de que la entidad portadora de información haya evolucionado por selección natural (en adelante, SN):

“es la SN lo que, en el pasado, produjo la secuencia de bases de entre muchas secuencias posibles (...) que especifica una proteína que tiene un “significado” en el sentido de que funciona de un modo tal que favorece la *supervivencia del organismo*” (Maynard Smith 2000: 179, el énfasis es nuestro).

Así, pues, el significado de la información genética no parece limitarse a ser acerca de

la producción de una proteína (como sí ocurre en otros enfoques), sino que es acerca de la construcción de rasgos fenotípicos con cierto valor adaptativo. Son los efectos a nivel del organismo de la información genética lo que resulta significativo para este enfoque.

Por otra parte, en este enfoque, en tanto que la información de los genes es semántica, implica *intencionalidad*. A lo largo de la tradición filosófica, la intencionalidad ha sido entendida, en general, como la capacidad de la mente de ser *acerca de* o de representar cosas, propiedades, estados de cosas (Jacob, 2014). Para Maynard Smith, en biología, el componente intencional está dado por la SN:

“El genoma es como es debido a los millones de años de selección, que han favorecido aquellos genomas que causan el desarrollo de organismos aptos para sobrevivir en un ambiente dado. Como resultado, el genoma tiene la secuencia de bases que tiene porque esa secuencia genera un organismo adaptado. Es en este sentido que los genes tienen intencionalidad” (Maynard Smith 2000: 193).

Para justificar que la SN introduce intencionalidad, se apela a una analogía entre la actuación de la SN en la naturaleza y la programación de una computadora por parte de un ingeniero inteligente usando una herramienta informática denominada ‘algoritmo genético’, que se emplea para buscar y optimizar soluciones a ciertos problemas. Con el algoritmo genético, el programador varía azarosamente el código de un programa de computadora y selecciona variantes de acuerdo con su performance. La idea es que la SN hace algo semejante: los genes de los organismos varían azarosamente y la SN selecciona organismos de acuerdo con su *fitness*. Así como la función de la variante del programa seleccionada es ejecutar la tarea por la que fue seleccionada, del mismo modo la función biológica de los genes exitosos es producir los resultados ontogenéticos en virtud de los cuales fueron seleccionados naturalmente (Maynard Smith, 2000; Griffiths, 2001). Los genes resultan intencionalmente dirigidos a esos resultados y, en ese sentido, son *acerca de* esos resultados (Griffiths, 2001). Paul Griffiths lo ilustra con el siguiente ejemplo:

“El gen defectuoso de la hemoglobina en algunas poblaciones humanas, que ha sido seleccionado porque en ocasiones confiere resistencia a la malaria, lleva información teleosemántica acerca de la resistencia a la malaria” (Griffiths, 2001: 399).

Así como el ingeniero programa instrucciones en la computadora, la SN “programa” la información genética al seleccionar ciertos genes sobre otros. Uno de los objetivos que persigue esta caracterización de la información genética es recoger la diferencia entre dos tipos de factores causales reconocidos en el proceso de desarrollo de un organismo: causas ambientales y causas genéticas. Nadie estaría dispuesto a afirmar que el ambiente no tiene ningún papel en la ontogenia de los seres vivos, o que no pueda correlacionarse con una característica fenotípica. Por ejemplo, un ambiente con escasa disponibilidad de alimento puede dar lugar a un organismo de bajo peso corporal (Maynard Smith, 2000). Pero esto podría conducir a admitir, apresuradamente, que ambos tipos de factores llevan información. El enfoque IS busca evitar esta conclusión reservando la propiedad de llevar información para los agentes o factores causales *con intencionalidad*. Una

vez que se define la intencionalidad en términos de procesos selectivos, la diferencia entre causas ambientales y causas genéticas se vuelve evidente: aunque ambos, genes y factores ambientales, produzcan efectos en el organismo, la SN no actúa sobre el ambiente, pero sí sobre los genes. Los factores ambientales no son intencionales; los genéticos sí lo son.

1.3 Genes y proteínas reguladoras llevan información

El enfoque IS pretende dar cuenta, principalmente, de la información contenida en los genes. Sabemos que los criterios descartan al ambiente como fuente de información, pero quizás haya otros factores causales internos no genéticos que también satisfagan las condiciones para la atribución de la propiedad de llevar información. El enfoque considera esta posibilidad y se admite que éste podría ser el caso con cierto tipo de proteínas. La función de una proteína puede tener una relación directa con su estructura, muchas veces, *determinada* directamente por su estructura. El mejor ejemplo de estas proteínas son las enzimas, que poseen una forma tal que sólo se unen a un tipo de sustrato (o unos pocos); de hecho, en los modelos esquemáticos se las representa casi como piezas de rompecabezas que encajan con gran precisión (Alberts *et al.*, 2010). Sin embargo, existen proteínas que ejecutan funciones que el enfoque IS considera simbólicas en base a los estudios sobre regulación de Jacques Monod (1993 [1970]): las proteínas reguladoras. Las proteínas reguladoras actúan sobre el ADN, uniéndose a la cadena y “prendiendo” o “apagando” ciertos genes, esto es, controlando su expresión (Maynard Smith, 2000; Alberts *et al.*, 2010). De acuerdo con Maynard Smith, estas proteínas no se unen a la cadena en virtud de su forma, sino que “dependen de secuencias receptoras del ADN específicas, que han evolucionado ellas mismas por selección natural” (Maynard Smith, 2000: 193). En el caso de las proteínas reguladoras, “no hay conexión necesaria entre su forma (composición química) y su significado (genes encendidos o apagados)” (Maynard Smith 2000: 185). Por esta razón, concluye que los genes y las proteínas reguladoras llevan información, pero las enzimas no. Mientras que la expresión del gen requiere de toda la maquinaria receptora de la célula (compuesta por los ribosomas, las enzimas, los ARNt, etc.), la actuación de las proteínas reguladoras también depende de secuencias receptoras específicas, de modo que tanto las estructuras receptoras de los genes como las estructuras receptoras de las proteínas reguladoras, según argumenta el enfoque, han sido objeto de la SN.

2. Problemas del enfoque seleccionista

Entre los aspectos problemáticos de este enfoque, quizás el más general corresponda a la relación entre los dos criterios propuestos. Sabemos que el gen lleva información porque a) es una estructura evolucionada por selección natural y que b) cumple una función simbólica o arbitraria. El primer criterio responde a ciertas consideraciones *etiológicas* de las entidades portadoras de información, mientras que el segundo criterio corresponde a ciertas características del *proceso causal* genético. Claramente, son criterios heterogéneos y cabe preguntarnos aquí cómo se relacionan entre sí. Por ejemplo, para Godfrey-Smith (2000), “las propiedades “intencionales” que derivan de las historias de selección natural no tienen ninguna conexión particular con los papeles causales arbitrarios

como opuestos a los papeles causales no-arbitrarios (2000: 205). Dicho en otras palabras, la SN no actúa exclusivamente sobre estructuras que cumplan funciones arbitrarias, de modo que resulta difícil apreciar cómo se relacionan estos dos criterios y, por lo tanto, las razones para tomarlos en conjunto.

Desde el punto de vista definicional, lo más razonable parece suponer que cada criterio es necesario y que sólo su conjunción resulta en una condición suficiente satisfacer la propiedad de llevar información. Sin embargo, se ha objetado que el enfoque no logra el objetivo propuesto de caracterizar sólo a los genes (con la excepción permitida de las proteínas reguladoras), pues no sólo los genes satisfacen los dos criterios propuestos (Sterelny, 2000; Moffatt, 2008). Por ejemplo, para Kim Sterelny (2000), el citoplasma también es arbitrario en su función, en el sentido de que no parece haber ninguna conexión necesaria entre los ingredientes químicos en la célula y su efecto de proveer la organización espacial básica de la célula en desarrollo; y, presumiblemente, ha sido seleccionado para cumplir esa función. En síntesis, el núcleo de estas críticas es que las condiciones del enfoque IS no permiten recoger únicamente los casos *paradigmáticos* de entidades portadoras de información.

En cualquier caso, cada criterio enfrenta sus propias dificultades. Tomemos primero el criterio de arbitrariedad. ¿De qué, exactamente, se predica la arbitrariedad en este enfoque? En el debate filosófico acerca de la información genética se pueden encontrar dos tipos de afirmaciones: o bien que la información contenida en los genes es acerca de sus productos moleculares próximos (por ejemplo, proteínas o ARNs), o bien que esta información es acerca de los rasgos fenotípicos de un organismo (es decir, sus efectos más remotos). Dada la referencia al nivel organizativo de organización biológica (la información genética “causa el desarrollo de organismos aptos para sobrevivir en un ambiente dado”), el enfoque intencional-seleccionista parece implicar una afirmación del segundo tipo: la información fluye del ADN al fenotipo. Esto resulta conflictivo, porque el criterio de arbitrariedad está predicado de un segmento muy pequeño del tramo causal que conduce del gen a –en última instancia– el fenotipo. Si la información requiere una relación arbitraria, y se busca sostener que los genes llevan información sobre el fenotipo, es esperable que la arbitrariedad se dé en la relación que existe entre el gen y el fenotipo, porque ésta sería la relación relevante. Por supuesto, hay un sentido muy trivial en que dicha relación puede ser vista como arbitraria, a saber, en la medida en que es considerablemente indirecta, está mediada por innumerables entidades a distintos niveles de organización y es un proceso altamente complejo, en absoluto lineal. Pero no es eso lo que estamos buscando, porque casi cualquier relación causal remota sería arbitraria en este sentido, de modo que esta idea de arbitrariedad dejaría de ser interesante. Parece que en este proceso la propiedad de arbitrariedad es generalizable y extrapolable: si la relación codón-aminoácido es arbitraria, entonces la relación gen-proteína (muchos codones-muchos aminoácidos) es arbitraria y, por último, la relación gen-fenotipo también pasa a ser arbitraria. Pero afirmar que una relación tan remota como esta última es arbitraria es verdaderamente trivial. La relación gen-fenotipo no satisface la condición de arbitrariedad en un sentido significativo y cercano al definido por Monod y por el mismo MS.

Por otra parte, aunque se pueda afirmar que haya arbitrariedad en el proceso de traducción (codón-aminoácido), Ulrich Stegmann (2004) señala que en los otros mecanismos usualmente incluidos en el debate, la transcripción y la replicación, no se encuentra esa misma arbitrariedad. En estos casos, por el contrario, la unión no covalente entre ácidos nucleicos es complementaria, lo cual significa que es químicamente necesaria (ver Stegmann 2004 para una definición más precisa de ‘necesidad química’). Según señala Stegmann, en bioquímica, la complementariedad expresa la idea de que dos moléculas encajan entre sí “como una llave y una cerradura” (2004: 219). El enfoque, entonces, no da cuenta de la totalidad de los mecanismos genéticos, pues sólo el segundo paso en la síntesis de proteínas satisface la condición de arbitrariedad. Si uno está dispuesto a sostener que, no obstante, la transcripción y replicación del ADN involucran información, entonces resulta que puede haber información sin arbitrariedad y, por consiguiente, que la arbitrariedad no es una condición necesaria. Pero, por otra parte, si se mantiene el criterio, se incurre en el absurdo de decir que el ADN no contiene información previamente al proceso de traducción, pero sí a partir de dicho proceso (Stegmann, 2004: 219). Así, para Stegmann, la arbitrariedad, como criterio necesario para hablar de información, no resulta adecuado.

El criterio del origen selectivo (incluso tomado como condición necesaria pero no suficiente) plantea un serio dilema. Afirmar que los genes llevan información porque (entre otras cosas) tienen un origen selectivo implica suponer que la totalidad del genoma de los seres vivos es producto de un único proceso evolutivo. Recordemos, sin embargo, que, desde los orígenes de la teoría sintética de la evolución (que con mayores o menores modificaciones continúa siendo el marco teórico evolutivo hegemónico), la genética de poblaciones postuló la existencia de cuatro procesos evolutivos modificadores y fijadores de la variabilidad biológica. Estos procesos son la SN, la deriva génica, el flujo génico y la mutación (Hedrick, 2000; Ridley, 2004; Folguera, 2011; Folguera y Lombardi, 2012). En este sentido, la propuesta de MS puede implicar una de dos cosas: o bien desestimar el papel de la deriva, la mutación y el flujo génico en la historia evolutiva de los genomas; o bien, restringir el interés a los cambios que sí son atribuibles a la SN. En el primer caso, se afirma alguna clase vaga de panseleccionismo²; en el segundo, se admitiría que hay cambios en el genoma atribuibles a otros procesos, pero no serían los relevantes en la discusión acerca de la información genética. De ninguna de estas opciones se sigue nada deseable. El panseleccionismo se puede objetar simplemente apelando al proceso de deriva génica que, de hecho, ha sido la fuerza evolutiva que más ha competido, en términos de la importancia relativa de sus efectos, con la SN (ver, por ejemplo, la teoría del *shifting balance* de Sewall Wright, 1982). La deriva génica consiste en un cambio en las frecuencias génicas de una población en ausencia de fuerzas selectivas, es decir, en un cambio en dichas frecuencias que no es atribuible a la SN. Este cambio se debe a un proceso de “error de muestreo” en la reproducción de una generación dada en una población, por ejemplo, porque la generación parental tiene poca descendencia y esa descendencia, por motivos azarosos, no representa las frecuencias génicas de la generación parental. Mediante la deriva génica, nuevas mutaciones pueden adquirir una frecuencia alta e, incluso, ser fijadas en una población aunque no sean

favorecidas por la SN, así como otras nuevas mutaciones favorables pueden perderse por el mismo mecanismo (Griffiths *et al.*, 1998; Hedrick, 2000). Tal como ha sido propuesto en diferentes modelos, la acción de la deriva génica aumenta a medida que disminuye el tamaño de la población, por lo que en poblaciones muy pequeñas, la deriva es una fuerza altamente relevante (Wright, 1931; Dobzhansky y Pavlovsky, 1957; Mayr, 1988; Ridley, 2004; Hedrick, 2000). Supongamos, entonces, un alelo (esto es, una variante de un gen) que ha sido fijado estrictamente por deriva. ¿Lleva información para la síntesis de la proteína que produce, o no la lleva? Cualquier respuesta conduce a un problema. Si decimos que lleva información a pesar de no haber sido seleccionado, el criterio deja de ser necesario; mientras que si respondemos negativamente estamos impedidos de tratar a los genes de modo genérico y estamos obligados a evaluar cada caso particular para decidir si se puede considerar, o no, portador de información.

Marcel Weber (2005) objeta el criterio de origen selectivo de un modo ligeramente distinto al mío, al considerar no el caso de un gen fijado sin SN, sino el de un gen que se ha originado a partir de mutaciones azarosas y que ha resultado ser beneficioso, pero sobre el cual *todavía* no ha actuado la SN. Si la SN todavía no ha operado sobre dicha secuencia, de acuerdo con la definición de información del enfoque IS, ésta no contendría información. Sin embargo, como bien advierte, una secuencia tal tendría una influencia causal en el desarrollo de la misma manera que las secuencias que sí han sido seleccionadas (también Sarkar, 2000, reconoce el problema implicado en el criterio de selección).

Usualmente, cuando se habla de información genética, esta expresión tiende a referirse a los genes *genéricamente*. Sin embargo, la biología traza múltiples distinciones; por ejemplo, entre genes y *pseudogenes*, los cuales son muy similares a genes funcionales pero han sufrido algunas mutaciones que los inactivan; o entre genes reguladores, que regulan la expresión de otros genes, y genes estructurales, que participan de la síntesis de otras macromoléculas (Alberts *et al.*, 2010). Aunque estas distinciones no suelen ser consideradas en los debates acerca de la información genética, podrían resultar relevantes para el mismo. Por ejemplo, tendría sentido preguntarnos si los pseudogenes llevan información, dado que son inactivos; o preguntarnos si acaso los genes estructurales y los genes reguladores tiene el mismo tipo de información, puesto que hacen cosas distintas. El caso es muy distinto para una distinción entre ‘genes seleccionados’ y ‘genes no seleccionados’ como la que se sigue del enfoque IS. Esta distinción no arroja ninguna luz al asunto ni recoge el uso que comúnmente se hace de la expresión “información genética”; más aún, ata la noción de información a las fluctuaciones de lo que se conoce sobre un determinado gen en un momento dado.

En cuanto a la consideración del resto de los mecanismos evolutivos, se podría objetar que éstos no son intencionales, y que la SN es única en este sentido. Es cierto que no parece muy plausible un tratamiento intencional de, por ejemplo, la migración, mientras que la visión intencional de la SN ha sido usual en teorías teleosemánticas de la mente (por ejemplo, Dennett, 1987). Pero esto muestra un problema más profundo: ¿por qué adoptar un marco teleosemántico si éste se compromete, *a priori*, con una visión contraria a las teorizaciones vigentes sobre los

procesos evolutivos?

La inclusión de las proteínas reguladoras en el conjunto de las entidades portadoras de información también puede ser cuestionada. En principio, parece que el interés detrás de ello fuera incluir aquellas estructuras que afectan de un modo significativo los efectos del gen. Esta idea comporta un aspecto razonable: buena parte de lo que los genes producen está determinado también por otras entidades. Pero, admitiendo que esto es así, ¿por qué solo considerar a las proteínas reguladoras? La regulación génica comprende un vasto conjunto de fenómenos a distinto nivel e involucra una gran variedad de agentes biológicos; no solamente proteínas que regulan la expresión de otros genes sino múltiples enzimas que participan de los procesos de edición del ARN, ciertas señales celulares que determinan el momento en que se expresa y se deja de expresar cierto gen, además de elementos ambientales extrínsecos al organismo. El caso de las proteínas reguladoras plantea lo que quizás es un pseudoproblema (si acaso podemos afirmar que una estructura que no suele ser descripta en términos informacionales lleva información) y muestra una vez más la debilidad de las condiciones del enfoque.

Conclusiones

Los enfoques que se han ofrecido para dar cuenta de la noción de información genética son diversos. Algunos se han limitado a defender la adecuación del concepto de código para caracterizar la relación entre codones y aminoácidos (Godfrey-Smith, 2004); otros han argumentado que el ADN determina sus productos tal como lo hacen las instrucciones y que son, por lo tanto, instrucciones naturales (Stegmann, 2005); otros han intentado caracterizar la información de modo que sirva para hablar de todos los sistemas de herencia conocidos (genéticos y no genéticos) (Jablonka, 2002); y otros han reconstruido la idea de información en términos de mecanismos causales (Bogen y Machamer, 2010), por mencionar sólo algunos. Cada uno de los enfoques disponibles presenta ciertas virtudes y ciertas limitaciones³. Las limitaciones, en el caso del enfoque IS, son particularmente fáciles de apreciar, y conducen a concluir que no parece ser un enfoque adecuado para dar cuenta de la noción de información genética. Por un lado, el criterio de arbitrariedad no selecciona lo que se pretende, pues la relación gen-fenotipo no es arbitraria en el mismo sentido que la relación codón-aminoácido y que, así, la arbitrariedad no es distintiva del trayecto causal donde se afirma que se transmite información. Además, la arbitrariedad conduce a un dilema al excluir los mecanismos de replicación y de traducción: o bien hay que admitir que la arbitrariedad no es una condición necesaria, o bien incurrir en el absurdo de afirmar que no hay transmisión de información antes de la traducción. Por su parte, el criterio de origen selectivo plantea un segundo dilema, pues o bien afirma un panselccionismo genético o bien excluye de la consideración a todo gen no seleccionado. Finalmente, se podría argumentar que otras estructuras cumplen con ambos criterios, de modo que el enfoque no logra privilegiar a los genes como entidades portadoras de información, mientras que la inclusión de las proteínas reguladoras en este conjunto no parece del todo justificada.

Notas

1. ‘Estérico’ refiere a las propiedades espaciales de una molécula (Stegmann, 2004).
2. Aunque no en el sentido más tradicional del término (cf. *Gould y Lewontin, 1979*).
3. Una limitación importante está dada por ciertos datos obtenidos en el contexto de la genómica y proteómica (por ejemplo, el bajo porcentaje de ADN codificante en relación con el ADN “chatarra”), que parecen sugerir que no se puede concebir a los genes como únicos portadores de la totalidad de la información, o que quizás haya que buscar nuevos modos de conceptualizarlos (Sarkar, 2008).

Bibliografía

- ALBERTS *et al.* (2010). *Biología molecular de la célula* (5ta. Edición). Barcelona: Omega Ediciones.
- BOGEN, J. Y MACHAMER, P. (2010). “Mechanistic information and causal continuity”. En: *Causality in the Sciences*, Illari, P. M., Russo, F. y Williamson, J. (Eds.). Oxford: Oxford University Press, pp. 845-864.
- CRICK, F. (1958). “On Protein Synthesis”, *Symposium of the Society of Experimental Biology*, 12, pp. 138–163.
- DENNETT, D. (1987). *The Intentional Stance*. Cambridge Mass./London: MIT Press.
- DOBZHANSKY, T. Y PAVLOVSKY, O. (1957). “An experimental study of interaction between genetic drift and natural selection”. *Evolution*, 11, pp. 311–319.
- FOLGUERA, G. (2011). *Filosofía de la Biología. Análisis crítico de las jerarquías en la teoría de la evolución*. Editorial Académica Española. ISBN 978-3-8454-9201-8. 2011.
- FOLGUERA, G. Y LOMBARDI, O. (2012). “The Relationship between Mi-croeolution and Macroevolution, and the Structure of the Extended Synthesis”. *History and Philosophy of the Life Sciences*, 34, 4, pp. 539-59.
- GODFREY-SMITH, P. (2000a). “Information, arbitrariness and selection. Commentaries on Maynard Smith”. *Philosophy of Science*, 67, pp. 202–207.
- GODFREY-SMITH, P. (2004). “Genes do not encode information for phenotypic traits”, en: Hitchcock (ed.), *Contemporary debates in philosophy of science*, Oxford: Blackwell Publishing Ltd., pp. 259-274.
- GODFREY-SMITH, P. (2006) “Mental Representation, Naturalism, and Teleosemantics”, en: Macdonald, G. y Papineau, D. (eds.), *Teleosemantics*. New York: Oxford University Press.
- GOULD, S. J. Y R. LEWONTIN. (1979). “The spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm: A critique of the adaptationist programme”, *Proceedings of the Royal Society London B*, 205: 581–598.
- GRIFFITHS, A. ET AL. (1998). *An Introduction to Genetic Analysis* (6th. edition). New York: Freeman and Company.
- GRIFFITHS, P. (2001). “Genetic Information: A Metaphor in Search of a Theory”. *Philosophy of Science*, 68, 3, pp. 394-412.
- HEDRICK, P. (2000). *Genetics of Populations* (2nd. Edition). London: Jones and Bartlett

- Publishers.
- JABLONKA, E. (2002). "Information: Its Interpretation, Its Inheritance and Its Sharing." *Philosophy of Science*, 69, pp. 578-605.
- KINGSBURY, J. (2006). "A proper understanding of Millikan". *Acta Analytica*, 21, 3, pp. 23-40.
- MAYNARD SMITH, J. (2000a). "The concept of information in biology". *Philosophy of Science*. 67, pp. 177-194.
- MAYNARD SMITH, J. (2000b). "Reply to commentaries". *Philosophy of Science*, 67, 2, pp. 214-218.
- MAYR, E. (1988). *Toward a New Philosophy of Biology. Observations of an evolutionist*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- MILLIKAN, R. (1984). *Language, thought, and other biological categories*. Massachusetts: The MIT Press.
- MOFFATT, B. (2008). *Informational Representations of Biological Function*. Ph. D. Dissertation, University of Minnesota (3321922).
- MONOD, J. (1993 [1970]). *El azar y la necesidad*. Buenos Aires: Editorial Planeta.
- OYAMA, S. (1985). *The Ontogeny of Information: Developmental Systems and Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.
- OYAMA, S.; GRIFFITHS, P. y GRAY, R. (eds.) (2001). *Cycles of Contingency: Developmental Systems and Evolution*. Cambridge: The MIT Press.
- RIDLEY, M. (2004). *Evolution* (3rd edition). Oxford: Blackwell Editions.
- SARKAR, S. (2000). "Information in Genetics and Developmental Biology: Comments on Maynard Smith". *Philosophy of Science*, 67, pp. 208-213.
- SARKAR, S. (2008). "Genomics, Proteomics and Beyond". En: Sarkar, S. y Plutynski, A. (Eds.). *A Companion to the Philosophy of Biology*. Oxford: Blackwell Publishing, pp. 58-73.
- SHANNON, C. (1948). "The Mathematical Theory of Communication". *Bell System Technical Journal* 27, pp. 379-423.
- SHEA, N. (2007). "Representation in the genome and in other inheritance systems". *Biology and Philosophy*, 22, pp.313-331.
- STEGMANN, U. (2004). "The arbitrariness of the genetic code". *Biology and Philosophy*, 19, pp. 205-222.
- STEGMANN, U. (2005). Genetic information as instructional content. *Philosophy of Science*, 72, 3, pp. 425-443.
- STERELNY, K. (2000). "The 'genetic program' program: a commentary on Maynard Smith on information in biology". *Philosophy of Science*, 67, pp. 195-201.
- WEBER, M. (2005). *Philosophy of Experimental Biology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- WRIGHT, S. (1931). "Evolution in Mendelian populations". *Genetics*, 16, pp. 97-159.
- WRIGHT, S. (1982). "The shifting balance theory and macroevolution." *Annual Review of Genetics*, 16, pp. 1-19.

Las tesis cusanas acerca de los cuerpos celestes *en Acerca de la docta ignorancia II*

María José Ferreira Ruiz*

Introducción

En la historia del pensamiento astronómico, un eslabón algo heterodoxo y difícil de analizar ha sido el pensamiento de Nicolás de Cusa (1401-1464). Desde un punto de vista conceptual, esto se debe al interés fundamentalmente metafísico del autor pero, desde un punto de vista histórico, la confusión resulta de cierta interpretación moderna que hizo del Cusano un precursor de Nicolás Copérnico (1473-1543). Alexandre Koyré lo resume en estas palabras:

“La concepción del mundo de Nicolás de Cusa no se basa en una crítica de las teorías astronómicas o cosmológicas de su tiempo y no conduce, al menos en su propio pensamiento, a una revolución en la ciencia. Nicolás de Cusa, aunque tantas veces se haya pretendido así, no es un precursor de Nicolás Copérnico. Y sin embargo, su concepción resulta en extremo interesante y (...) va mucho más allá de lo que Copérnico se haya atrevido nunca a pensar” (1999: 13).

Su obra principal, *Acerca de la docta ignorancia* (en adelante, ADI), escrita en 1440, ofrece un sistema ontológico trinitario centrado en la noción de ‘lo máximo’ y en la ‘docta ignorancia’ como modo de comprensión de la maximidad. Esta maximidad se presenta bajo tres aspectos: un aspecto absoluto, uno contracto, y otro que resulta de la unión de estos dos. Lo máximo en sentido contracto es el universo. Aquí nos interesa el libro II de la obra, donde desarrolla la ontología de lo contracto -esto es, del universo-, sus momentos o componentes internos y la dinámica entre ellos. En particular, Nicolás hace afirmaciones acerca del universo en general, de la naturaleza de los cuerpos celestes y del movimiento, que resultan relevantes y novedosas en la historia de los sistemas cosmológicos o astronómicos. En primer lugar, Nicolás afirma que el universo es infinito, dando un concepto propio y particular de infinitud. En segundo lugar, ofrece una concepción del movimiento físico que se fundamenta metafísicamente. En tercer lugar, deriva, a partir de ciertos principios metafísicos, audaces tesis acerca del universo empírico, a saber: (i) que no existen puntos fijos en el universo, (ii) que todo cuerpo se mueve imperfectamente, y (iii) que la observación es relativa.

El objetivo del trabajo es analizar la cosmología cusana expuesta en *Acerca de la docta ignorancia*, libro II, haciendo foco, particularmente, en la naturaleza de las afirmaciones acerca de los cuerpos y del movimiento celeste. Se objetará la idea de que puesto que el principio de todo lo real, para el Cusano, es un principio metafísico, dichas tesis no pueden ser interpretadas

* Universidad de Buenos Aires / CONICET

como tesis empíricas. Es decir, la idea de que la concepción cusana del universo no da lugar a una afirmación estrictamente empírica. En base a este análisis, esta interpretación será rechazada argumentando que la concepción metafísica de lo real que propone el Cusano no es incompatible con un conjunto de tesis empíricas sobre el universo y que, antes bien, si se toman como punto de partida la metafísica y la gnoseología cusanas, una argumentación con premisas metafísicas y conclusiones empíricas –como las que analizaremos aquí– tiene pleno sentido y coherencia en su sistema. La tesis central de este trabajo es, pues, que las tesis cusanas sobre los cuerpos y el movimiento celestes son genuinas afirmaciones de índole empírica y que esto no implica ningún problema interno a su filosofía.

Para llevar a cabo este objetivo, el trabajo se articulará como sigue. En la Sección II, se hará una breve introducción general a la obra principal del Cusano. Esto servirá de contexto a la Sección III, donde se desarrollará la concepción acerca del universo, tal como está presentada en el libro II. La Sección IV estará dedicada a discutir interpretaciones de las tesis sobre los cuerpos celestes, ofreciendo nuestro punto de vista. Finalmente, en la Sección V, se ofrecerán algunas conclusiones y recapitulaciones.

La ontología trinitaria en *Acerca de la docta ignorancia*

Acerca de la docta ignorancia, como adelantamos, desarrolla principalmente dos tópicos: por un lado, (i) la ontología trinitaria de lo máximo; por el otro, (ii) un método o una gnoseología centrada en la noción de ‘docta ignorancia’. En cuanto a lo máximo, Nicolás lo define como “lo que nada mayor a ello puede ser” (ADI I, II, 5). Todo lo que hay es lo máximo, pero esto comporta tres aspectos diferentes aunque estrechamente relacionados: lo máximo en sentido absoluto (Dios), lo máximo en sentido contracto (el universo), y la unión o el nexo entre lo máximo absoluto y contracto (Cristo). Cada aspecto de lo máximo tiene propiedades particulares. En esta sección y en la siguiente, presentaremos sólo dos de los aspectos, pues son los más relevantes para el tópico desarrollado en este trabajo.

En cuanto al tópico gnoseológico de la obra, debemos decir que conocer, para Nicolás, es *proporcionar*, esto es, comparar lo conocido con lo desconocido. Pero lo infinito, por definición, es improporcionable. Por lo tanto, es incognoscible. La docta ignorancia, pues, consiste en el reconocimiento de esta ignorancia, y en este sentido es que “saber es ignorar”.

Considerar la maximidad desde el punto de vista absoluto significa considerarla desvinculadamente, sin oposiciones. Bajo este ángulo, Nicolás debe admitir un principio según el cual todos los opuestos coinciden: “las oposiciones convienen tan sólo a aquello que admite excedente y exceso, y le convienen diferentemente. De ninguna manera le convienen al absolutamente máximo, porque está sobre toda oposición” (ADI I, IV, 12). Este principio no es tan difícil de comprender si uno se toma en serio el carácter de lo absoluto: si a este máximo se le opusiera alguna otra cosa, o si hubiera algo que no estuviera contenido en su unidad, entonces no sería realmente lo máximo absoluto; a lo máximo, para que sea máximo en sentido absoluto, nada se le debe oponer. Esto implica que ni aún lo mínimo podría considerarse

como algo que se opone a lo máximo. Por lo tanto, máximo y mínimo *coinciden* cuando se los considera desde el punto de vista absoluto. El fundamento ontológico no puede identificarse únicamente con lo máximo, porque el mínimo se le opondría y entonces no sería máximo. Dios es tanto lo máximo como lo mínimo, se identifica con ambos y ambos se identifican entre sí. Este “principio de la coincidencia de los opuestos” es una de las más importantes y novedosas propuestas metafísicas del Cusano y será una pieza crucial tanto en su sistema metafísico como en su cosmología, como veremos. Lo máximo en sentido absoluto, además, posee otras propiedades muy implicadas entre sí y con el principio de la coincidencia de los opuestos: es absoluta unidad y simplicidad, y *complica* (contiene y concentra) todo lo que es.

Tal como adelantamos, cada uno de los aspectos de lo máximo repite el esquema trinitario en su interior, donde el tercer momento constituye un nexo entre los otros dos. Así, pues, lo máximo absoluto, es decir, Dios, tiene como momentos la figuras del Padre, del Hijo, y del Espíritu Santo, de acuerdo con la tradición cristiana. Lo máximo en sentido contracto o Universo tiene como instancias la materia, la forma, y el movimiento.

El orden de lo contracto

Si, como dijimos, lo máximo absoluto es absoluta unidad y complicación de las cosas, lo máximo contracto, por el contrario, es la explicación de todo aquello contenido en lo absoluto. Así, todo lo que está complicado en Dios (lo máximo absoluto), está explicado en el universo (lo máximo contracto). De aquí que “‘Universo’ significa universalidad, unidad de muchos” (ADI II, IV, 115). Todo ente del mundo natural es un ente contracto, un ente atravesado categorialmente y que encuentra relaciones de oposición con otros entes. En el caso de los hombres, ser entes contractos implica una serie de capacidades y limitaciones cognitivas de las que Nicolás también se ocupa, aquí y en otras obras. En palabras del Cusano:

“(…) también la unidad universal del ser proviene de ella [la absoluta maximidad], la cual es llamada lo máximo por provenir de lo absoluto, y de aquí que exista contractamente como universo, cuya unidad ciertamente está contraída en la pluralidad, sin la cual no podría ser”. (ADI I, II, 6).

Mientras que en el orden absoluto los extremos coinciden, en el orden contracto todo se da entre el más y el menos, “todo es a partir de opuestos en la diversidad gradual” (ADI II, I, 95): todo admite gradación y, por lo tanto, relaciones de oposición. Los extremos sólo corresponden al ámbito de lo absoluto y en él coinciden. Por ejemplo, toda piedra en el universo es más grande que otra y más pequeña que otra, pero no podrían darse en el universo la piedra máxima ni la piedra mínima, pues no hay nada absoluto en el universo. Por esta razón, cabe decir que todo en el universo es relativo o relacional.

Nicolás afirma, en esta obra, que el universo es infinito, y lo hace de modo que no compromete ninguna doctrina teológica cristiana. En efecto, ofrece dos sentidos de infinitud, uno de los cuales corresponde al universo y, el otro, a Dios. Puesto que Dios es todo cuanto puede ser y no tolera determinaciones ni contracciones, es infinito propiamente dicho,

es infinito “negativamente”. En cambio, el universo, “por cuanto abraza todo lo que no es Dios, no puede ser infinito negativamente, aunque sea sin límite y de esta manera sea infinito privativamente. Y según esta consideración, ni es finito ni infinito” (ADI II, I, 97). El universo es infinito privativamente en tanto es ilimitado y es ilimitado en tanto carece de límites que lo encierren, pues no es dable, en acto, otra cosa mayor que él y que pudiera limitarlo. Es infinito en tanto no tiene límites “asignables” (Whittaker, 1925). Nicolás se refiere también a esta propiedad como “indefinición”, para enfatizar la diferencia entre estos dos sentidos.

Para el Cusano, el universo no puede ser sino trino porque “la contracción no puede darse sin lo contraíble [la materia], lo contraente [la forma] y sin el nexos” (ADI II, VII, 128). De las tres instancias que componen el ámbito de lo máximo contrato, es especialmente relevante para nuestros fines la del nexos, que no es otra cosa que el movimiento. El movimiento es “una clase de espíritu del universo” (Whittaker, 1925: 452) que Nicolás justifica en el ascenso y descenso de la materia y la forma: la forma desciende a la materia y la materia asciende a la forma, y esta dinámica es el movimiento. Como todo en el universo se da entre el más y el menos, lo mismo vale para el movimiento: el movimiento de las cosas en el universo se da entre el más y el menos, y los extremos (máximo movimiento y reposo) no son dables sino en lo absoluto, donde coinciden.

Como bien lo expresa Miller (2013), esta “relatividad ontológica” conduce al Cusano a algunas notables afirmaciones acerca de la tierra y del universo físico, basadas no en la observación empírica sino en fundamentos metafísicos” (2013, la traducción es nuestra). En efecto, del principio de la coincidencia de los opuestos en lo absoluto y de la gradación o relatividad de lo contrato, Nicolás concluye, en el capítulo IX, que: 1) no existen puntos fijos en el universo; 2) todo cuerpo celeste se mueve imperfectamente; y 3) la observación es relativa. Estas son las que más nos interesa evaluar, pues se refieren más explícitamente a entidades físicas y en sus justificaciones juega un interesante papel la metafísica. Nos referiremos a ellas como “tesis empíricas”.

1. No existen puntos fijos en el universo

Esta tesis se justifica, como dijimos, en la distinción absoluto-relativo que separa los órdenes absoluto y concreto. Si en el universo no pueden darse jamás los extremos, sino solo los grados intermedios, entonces no puede darse la máxima fijeza. Si no hay puntos fijos, no puede haber centros (un caso de punto fijo en general). Y, a su vez, si no hay centros, no puede haber circunferencias, pues requieren un centro fijo. Pero también se justifica a partir de la tesis de la infinitud del universo: no teniendo límites que lo encierren, falta un sistema de referencia en relación con el cual el centro sería equidistante, por lo tanto, no puede haber centro. En suma, el universo no tiene centro fijo ni circunferencia, éstos se dan en lo absoluto coincidentemente, es decir, el centro y la circunferencia de todo es Dios. De aquí se sigue que no hay motivo para considerar que la tierra es el centro del universo ni que está más cerca de un tal centro que el resto de los astros. Contra los aristotélicos, no hay lugares naturales y el espacio es más bien relacional.

2. Todo cuerpo se mueve imperfectamente

En rigor, se trata aquí de dos tesis juntas: a) que todo cuerpo se mueve, y b) que ese movimiento es imperfecto. Ambas constituyen una revolución respecto de la tradición cosmológica: incluso la tierra y la octava esfera, se mueven¹:

“Y porque, a causa del movimiento de un cometa hemos experimentado que los elementos del aire y del fuego se mueven, y que la Luna se mueve desde el oriente hacia el ocaso menos que Mercurio, Venus o el Sol, y así gradualmente, de aquí que la Tierra misma aún se mueva menos que todos ellos. Sin embargo, la Tierra no es como una estrella que describe un círculo mínimo alrededor del centro o del polo. Ni tampoco la octava esfera describe un círculo máximo (...)” (ADI II, IX, 159)

de aquí que la Tierra misma aún se mueva menos que todos ellos. Sin embargo, la Tierra no es como una estrella que describe un círculo mínimo alrededor del centro o del polo. Ni tampoco la octava esfera describe un círculo máximo (...)” (ADI II, IX, 159)

La justificación de estas subtesis sigue la misma lógica de justificación de la anterior y las mismas premisas conducen a (a) y a (b): nuevamente, no puede haber ni movimiento absoluto ni reposo absoluto en el universo, pues son los casos extremos. Por lo tanto, “es necesario que toda parte del cielo se mueva” en algún grado (ADI II, IX, 158). Y, como en la tesis (1), estos extremos quedan reservados para el orden absoluto: velocidad infinita y reposo absoluto coinciden. La razón de esta coincidencia se puede concebir también considerando que si un cuerpo se moviera a la máxima velocidad (digamos, infinita), en una trayectoria circular, entonces el cuerpo estaría siempre en la posición inicial y en todas las demás al mismo tiempo (Koyré, 1999). Además, ningún movimiento puede describir una circunferencia perfecta, por lo que todo movimiento es imperfecto. Nicolás reconoce que hay una tendencia a los movimientos circulares, pero que nunca se alcanza plenamente en el universo².

3. La observación es relativa

La tesis de que no hay puntos fijos en el universo conduce a serias dificultades respecto de la observación del cielo, anticipadas ya al principio del libro:

(...) si lo transfieres a la astronomía, captas que el arte de calcular carece de precisión pues presupone que el movimiento de todos los otros planetas puede medirse por el movimiento del sol. Asimismo, no es posible saber con precisión la disposición del cielo, en relación con cualquier lugar (...) los juicios sobre los astros están, en su particularidad, muy lejos de la precisión” (ADI II, I, 91).

Es más: donde quiera que alguien estuviera, creería que está en el centro y que todo lo demás se mueve. No habiendo referencias fijas, decimos que los astros se mueven en torno a puntos conjeturales, porque nosotros no podemos describir el movimiento sino por referencia a algo fijo, pero esto sólo habla de nuestras capacidades cognoscitivas. Esto significa que la imagen del mundo que se tenga está determinada por la posición del observador, y estoy

significa que no hay una imagen privilegiada sobre las demás (Koyré 1999). En esta tesis parece haber implicado cierto escepticismo³, aunque en los términos cusanos no es así. En efecto, nos es imposible conocer completamente los movimientos celestes, pues una comprensión absoluta del universo requeriría conocer su centro y su circunferencia, pero éstas no son físicas, sino metafísicas: Dios (Koyré, 1999: 16). Sin embargo, la *quidditas* divina de las cosas se comprende “incomprensiblemente”, como enseña la docta ignorancia. Además, tenemos entre nuestras posibilidades el conocimiento conjetural y aproximado.

De estas principales tesis empíricas se siguen otras derivadas: que los cuerpos tienden a la esfericidad, pero nunca son perfectamente esféricos (tal como acontece con el movimiento), que ningún cuerpo es igual a otro, ni en su movimiento, ni en su figura, ni en su tamaño, ni en su luz, porque la perfecta igualdad no es propia de este ámbito; entre otras. En la sección que sigue, las tesis centrales serán discutidas y evaluadas.

La interpretación de las tesis acerca de lo empírico

1. El problema interpretativo y las interpretaciones de corto alcance

Tratándose de un filósofo con fuertes preocupaciones teológicas y metafísicas, es complejo interpretar sus concepciones acerca de entidades físicas (como los cuerpos celestes) en el conjunto de su filosofía. En esto consiste el problema interpretativo que aquí nos ocupa. En esta sección, ofreceremos dos posturas clásicas al respecto: la de Pierre Duhem (1959) y la de Alexandre Koyré (1999), y delimitaremos y catalogaremos algunas otras interpretaciones posibles.

Tanto Duhem como Koyré consideran excesivo ver al Cusano como un precursor de Copérnico, sin embargo, difieren en sus interpretaciones. Para Duhem,

“Nicolás de Cusa, en conformidad con sus dudas, ha barrido con todos los principios recibidos de los astrónomos; no es que no tenga la intención de especular sobre los movimientos celestes, más bien al contrario: libre de los obstáculos de la tradición, es plenamente libre de formular sus hipótesis novedosas” (1959: 313, la traducción es nuestra).

De acuerdo con Koyré⁴, en cambio, estas concepciones

“(…) expresan y subrayan la falta de precisión y estabilidad en el mundo creado. Así, no hay estrellas *exactamente* en los polos o en el ecuador de la esfera celeste. No hay un eje fijo y *constante*; la octava esfera, así como las otras, llevan a cabo sus revoluciones en torno a ejes que cambian continuamente de posición (...). No creo que podamos ir más allá de esto.” (1999: 17).

Dada esta limitación, nos referiremos a su postura como “de corto alcance”, en oposición las lecturas de “largo alcance” típica de los filósofos modernos (como es el caso de Descartes).

Nuestro punto de vista concuerda con el de Duhem: creemos que, sin necesidad de afirmar que el Cusano fuera un precursor de Copérnico, con todo se puede dar un paso más en la interpretación. En efecto, si Nicolás sólo hubiese querido ejemplificar esta imperfección e

inexactitud de lo creado, le bastaba mucho menos que todo un libro dedicado al universo, escrito (en buena medida) en lenguaje cosmológico, y que hace referencia explícita a la astronomía y a fenómenos celestes (eclipses, cometas).

Si la lectura de corto alcance se profundiza, podemos construir una postura interpretativa sobre estos desarrollos del Cusano que podría parecer plausible, pero que nos gustaría mostrar insatisfactoria. En esta reconstrucción hemos decidido llamarla '*reduccionismo metafísico*'. Por "reduccionismo metafísico" entendemos todo enfoque que juzgue eminentemente metafísicas las afirmaciones acerca del universo, aun cuando parezcan referirse a entidades físicas. Dicho en otras palabras, cuando Nicolás afirma que todo cuerpo se mueve, esto no debe ser tomado como una afirmación de interés principalmente astronómico, sino que debe retrotraerse a sus concepciones metafísicas, porque sólo ilustran el fundamento metafísico de todas las cosas –verdadero interés del filósofo-. Esta postura podría encontrar justificación en el hecho de que las argumentaciones que ofrece el Cusano a menudo son metafísicas, y en el hecho de que el fundamento de todo lo real en el universo es también metafísico (Dios). Sin embargo, veremos que estos hechos no son suficientes para tomar la postura reduccionista, ni resulta la interpretación más justa. Si bien hay razones para defender que el Cusano no fue un astrónomo (opinión que no nos parece controvertible), consideramos que no por ello se debe afirmar que el Cusano no haya hecho ninguna afirmación de interés genuinamente empírico o astronómico.

Una interpretación semejante, resulta en la catalogación del Cusano como un episodio formidable del pensamiento metafísico, pero no como un capítulo de la historia del pensamiento astronómico. Si las tesis en cuestión no deben tomarse con el valor de una aserción empírica, entonces la importancia del Cusano en la historia del pensamiento astronómico debe ser desestimada como prácticamente nula. Esto es, precisamente, lo que quisiéramos evitar. Aunque no sea esto lo que Koyré de hecho afirma, sí presenta una forma general de lectura limitada. La postura que aquí queremos objetar (el reduccionismo metafísico) es otro modo particular de defender una postura de corto alcance.

2. Inconvenientes de estas interpretaciones y propuesta de una postura moderada.

La objeción que aquí proponemos al reduccionismo metafísico consiste en argumentar que la concepción metafísica de lo real que propone el Cusano no es incompatible con la extracción de un conjunto de tesis empíricas sobre mundo físico, y que hacer tales afirmaciones constituye un interés genuino no reducible a mostrar el fundamento metafísico del universo.

Koyré reconoce, a pesar de su interpretación de corto alcance, que el libro II de la Docta tiene como clara consecuencia que

“(...) resulta falaz y debe ser abandonado no sólo el contenido fáctico, sino también el mismo ideal de la astronomía griega y medieval; es decir, la reducción de los movimientos celestes a un sistema de movimientos circulares y uniformes interconexos, capaces de ‘salvar’ los fenómenos al revelar la permanente estabilidad de lo real tras la falsa irregularidad de las apariencias” (1999: 19).

Es cierto, pero esto es un motivo para dar una interpretación algo más fuerte. Aquí hay que hacer crítica interna y debemos considerar la concepción gnoseológica de Nicolás de Cusa. Su gnoseología, y no sólo su metafísica, permiten evaluar con más justeza el contenido del libro II y defender nuestra tesis central, a saber, que las tesis cusanas sobre los cuerpos y el movimiento celestes *son* aserciones acerca de lo empírico (aunque estén fundadas en premisas metafísicas) y que ello no constituye ningún problema o carencia al interior de su filosofía.

En efecto, lo primero que nos interesa remarcar es que Nicolás no puede argumentar (exclusivamente) a partir de la observación simplemente porque es una consecuencia de sus principios metafísicos que la observación es relativa. Esto es importante: la tesis (3) condiciona toda otra afirmación que pueda hacerse sobre el universo. En segundo lugar, el acceso del hombre, ser contracto, a la verdad, no se agota jamás (Casazza 2010: 205, nota 10) no tiene acceso a la verdad y sólo le es posible hacer *conjeturas*, esto es, aserciones positivas de lo verdadero que expresan grados de aproximación a la verdad (Casazza 2010: 210, nota 24). El Cusano sólo tiene habilitado argumentar como de hecho lo hace, *a priori* y con conciencia conjetural:

“Y puesto que nosotros no podemos descubrir el movimiento sino por comparación con lo fijo, es decir, con los polos o los centros, y los presuponemos en las medidas de los movimientos, de ahí que, manejándonos con las conjeturas, advertimos que erramos en todo y nos admiramos cuando no encontramos que las estrellas concuerden en su posición según las reglas de los antiguos, porque pensamos que ellos han concebido correctamente sobre centros, polos y medidas.” (II, IX, 159).

En este pasaje podemos notar que:

1. Contra Koyré (y a favor de Duhem), a Nicolás le interesa explicar estos desfasajes y los errores de los astrónomos, lo cual no sería necesario si sólo buscara mostrar la inexactitud del universo creado o si su interés fuese exclusivamente metafísico.

2. Contra el reduccionismo metafísico, sugiere que hay que tomarse en serio la noción de conjetura en las investigaciones astronómicas. Al parecer, la concepción cusana del universo salva mejor los fenómenos que los sistemas astronómicos disponibles, justamente porque es compatible con estos fallos en las predicciones, con anomalías de diverso tipo y porque explica los desacuerdos entre los astrónomos. El contenido de una conjetura concebida como tal y el contenido de las teorías astronómicas concebidas como verdades podrían perfectamente ser el mismo, pero la conciencia conjetural, por así decirlo, ofrece esta ventaja.

Aunque en este trabajo nos hemos ocupado de analizar *Acerca de la docta ignorancia II*, hay otro texto del Cusano, aunque no publicado, que resulta relevante para evaluar el matiz empírico de sus investigaciones. Se trata de los *marginalia* hechos al Códice 112 (Casazza, 2010). Allí, Nicolás propone una combinación de movimientos de los astros que permite salvar las apariencias, es decir, recoger los movimientos aparentes que se observan desde nuestra tierra. En este esquema, la tierra rota sobre su eje en un período de 24 horas en dirección este-oeste, con lo cual, para dar cuenta de los movimientos aparentes y así salvar los fenómenos, postula un

movimiento doble de la esfera de las fijas y el sol: giran dos veces en 24 horas, y en un sentido contrario. Estas rotaciones, ya sabemos, tienen un eje conjetural, tal como se desarrolla en el libro II de *Acerca de la docta ignorancia*. El carácter conjetural e impreciso de los ejes y de los polos resulta, además, más que favorable a la explicación del movimiento de precesión terrestre, largamente conocido. La metafísica cusana, y particularmente, las razones metafísicas de la imprecisión de todo punto en el universo, resultan compatible con este fenómeno físico, que queda recogido por el sistema. Lo que resalta en este esquema es, nuevamente, la afirmación de la geomovilidad, y del movimiento de todo cuerpo celeste en general. Pero, sobre todo, vemos al Cusano haciendo un esfuerzo por recoger los fenómenos empíricos, observables.

Por otra parte, cabe recordar que no es infrecuente que los astrónomos (incluso aquellos que se consideran incontroversalmente tales) incluyan premisas metafísicas en sus concepciones y razonamientos astronómicos, sean éstas más evidentes o más implícitas. De hecho, esto constituye una tendencia que no distingue al Cusano de muchos de sus sucesores (véase la nota 5 (p. 151) de Silvia Manzo a Nicolás de Cusa, *Acerca de la docta ignorancia. Libro II: Lo máximo contracto*. Buenos Aires: Biblos, 2009).

Si se nos conceden los puntos considerados hasta aquí, entonces las posturas de corto alcance (como la de Koyré y el reduccionismo metafísico) no resultan las más plausibles. Una interpretación más moderada, como la que hemos intentado delinear aquí, presenta menos problemas y resulta, creemos, más atractiva.

Conclusiones

Hemos intentado mostrar que, entre una lectura muy limitada y otra muy ambiciosa, hay un punto intermedio que ofrece menos inconvenientes que los demás y que, esperamos, puede arrojar mayor luz sobre el puesto de Nicolás de Cusa en la historia del pensamiento astronómico.

Nicolás, creemos, quiso efectivamente decir algo acerca del mundo natural, pero lo hizo como sus compromisos ontológicos y gnoseológicos se lo permitieron. En tales compromisos está determinado en qué sentido se puede “decir” algo del universo (conocerlo), como también qué se entiende por ‘universo’. Como bien nota Duhem, “La constitución de una astronomía exacta excede las fuerzas del hombre” (1969: 311, la traducción es nuestra). Y sin embargo, consideramos acertada la opinión de Casazza: “(...) la geometría, la música y la astronomía son pilares de nuestra actividad conjeturante, y que difícilmente podríamos lograr una plena representación racional del universo (...) si no recorremos los senderos de estas ciencias” (2010: 210).

En rigor, los términos y juegos de oposiciones en que hemos presentado esta discusión no se adecuan a un filósofo como el Cusano, y una vez expuestos y criticados, deben ser abandonados. La filosofía cusana es un sistema holista donde la relación entre gnoseología y ontología no tiene una dirección privilegiada, y donde el orden físico y el metafísico, como en todo buen neoplatónico, no pueden ser pensados fructíferamente por separado.

Notas

1. Esta es, nota Roberto Casazza (2010), una de las novedades más importantes del Cusano respecto de la tradición. En efecto, algo de geocentrismo se conserva (en tanto la tierra no es el centro, pero se acerca bastante), mientras que la geostaticidad es negada rotundamente.
2. Koyré explica la tesis 1 en función de la tesis 2: no puede haber un centro del universo porque no puede darse el mínimo de movimiento que tal centro requeriría.
3. "(...) la docta ignorancia de Nicolás de Cusa ha sido la extensión, al dominio entero del conocimiento humano, de las dudas sugeridas por las teorías diversas e imperfectas de la precesión de los equinoccios" (Duhem, 1959: 312, la traducción es nuestra).
4. En oposición a la astronomía anterior, característica por presentar la imagen de un orden riguroso y absolutamente preciso (Duhem, 1959). "Así, la idea de rigor y de precisión que domina la astronomía recibida, Nicolás de Cusa la sustituirá por la idea de una aproximación infinitamente creciente, de una serie de términos que tienden a un límite que no alcanzan jamás porque dicho límite no es del mismo orden que ellos" (Duhem, 1959: 306, la traducción es nuestra).

Bibliografía

- CASAZZA, R. (2010). "Las figuras universal (U) y paradigmática (P) del *De Coniecturis* de Nicolás de Cusa a la luz de la interpretación cosmológica (figura U-P) de Athanasius Kircher, en *Nicolás de Cusa: identidad y alteridad. Pensamiento y diálogo, Actas del Segundo Congreso Internacional Cusano de Latinoamérica*. Buenos Aires: Biblos, pp. 201-223.
- DE CUSA, NICOLÁS (2007). *Acerca de la docta ignorancia. Libro I: Lo máximo absoluto*. Buenos Aires: Biblos. Trad. de Machetta, J. y D'amico, C.
- DE CUSA, NICOLÁS (2009). *Acerca de la docta ignorancia. Libro II: Lo máximo contracto*. Buenos Aires: Biblos. Trad. de Machetta, J.; D'amico, C. y Manzo, S. Duhem, P. (1959). *Le système du monde*, t. X. Paris: Hermann.
- KOYRÉ, A. (1999). *Del mundo cerrado al universo infinito*. Madrid: Siglo XXI Editores.
- MILLER, C. L. (2013). "Cusanus, Nicolaus [Nicolas of Cusa]", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2013 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL=<<http://plato.stanford.edu/archives/sum2013/entries/cusanus/>>.
- WHITTAKER, T. (1925). "Nicholas of Cusa". *Mind*, New Series, Vol. 34, No. 136, pp. 436- 454.

A presença do Lítio nos minerais Petalita e Espodumênio: as análises iniciais de José Bonifácio de Andrada e Silva

Ivoni Freitas-Reis*, Sandra Franco-Patrocinio†

Introdução

A História da Química, como um processo sociocultural sempre foi, como qualquer construto humano, tendenciosa e em seu percurso deixou de dar o devido crédito a muitos dos seus estudiosos. Acreditamos que o brasileiro José Bonifácio de Andrada e Silva (1763-1838) é um desses pesquisadores, mormente no que tange a sua relação com a ciência e seu empenho no ramo da educação. Seus trabalhos sócio-antropológicos e a forte influência política de Andrada e Silva já foram bastante explorados por estudiosos de diversas áreas (NOGUEIRA, 1973; SILVA, 1999; SOARES, 1944).

Objetivamos abordar no presente trabalho os estudos mineralógicos de Andrada e Silva em suas pesquisas na Suécia e na Noruega. Dentre os doze minerais por ele divulgados nesse período, quatro foram descobertos por esse estudioso. Entendemos que a *petalita* e o *espodumênio* merecem especial atenção por terem sido estudados por vários pesquisadores da área até culminar no isolamento e caracterização do lítio (mineral cuja aplicação está em constante ampliação, desde então, tanto para fins tecnológicos como para fins medicinais). Bonifácio é pouco estudado como químico e mineralogista sendo essa vertente aquela que nos interessa neste trabalho.

Biografia

Nascido José Antônio em Santos, no estado de São Paulo, ainda na adolescência adota o nome de José Bonifácio de Andrada e Silva. Filho de Maria Bárbara da Silva¹ e de Bonifácio José de Andrada sendo este membro de família da aristocracia portuguesa².

Durante a infância recebeu educação informal orientada por seus familiares devido à condições desfavoráveis das escolas disponíveis na época (SOUSA, 1988).

Para dar continuidade aos estudos, Bonifácio mudou-se, aos quatorze anos, para a capital do estado, frequentando o curso preparatório ministrado pelo frei Manuel da Ressurreição, com ênfase na cultura clássica, além das aulas de Gramática, Retórica e Filosofia (SOUSA, 1988).

Em 1783 José Bonifácio segue seus estudos em Coimbra. Lá chegando, se matriculou no curso de Direito e um ano depois no de Filosofia Natural, nesta faculdade teve a oportunidade de cursar Física, Mineralogia, Zoologia, Botânica, Química, com professores renomados³ que

* Universidade Federal de Juiz de Fora

† Universidade Federal de Juiz de Fora

vinham de vários países europeus (GUNTAU, 2000).

Em 1787, José Bonifácio recebeu o diploma de bacharel em Filosofia Natural e no ano seguinte o de Leis. Embora formado em direito, Andrada e Silva logo se inclinou para as ciências, somente mais tarde, vamos perceber que esta formação ajudou a compor o seu perfil político. Assim como afirma Guntau (2000, p. 254):

Estava especialmente interessado nas ciências naturais e tentava aprimorar seu conhecimento, sobretudo nesse campo. Assim, Andrada orientou-se para um desenvolvimento na ciência, que começou a impor-se, mesmo àquela altura, sob a influência do Iluminismo e que se exprimiu no surgimento de uma série de novas disciplinas das ciências naturais, como a química, geologia ou a física.

Logo em seguida às suas formaturas, o estudioso foi admitido para a Academia Real de Ciências de Lisboa. A partir daí, iniciou-se a sua carreira de pesquisador.

Em 1790, Andrada e Silva recebeu do Governo Português uma espécie de “bolsa de estudos”⁴ para que fosse aperfeiçoar-se nos maiores centros científicos europeus. Nessas escolas Andrada e Silva aprimorou os seus conhecimentos em Química e Mineralogia. O pesquisador estudou na Escola Real das Minas, na França com Antoine-François Fourcroy (1755-1809) que elogiou seu “zelo e assiduidade” (GUIMARÃES, 1988). Na Alemanha, desenvolveu pesquisas com um dos mais respeitados mineralogistas da época, Abraham Gottlob Werner (1749-1817).

Em 1792 José Bonifácio começou a frequentar as aulas da Escola de Minas de Freiberg, matriculado sob o n.º 383, tendo-lhe sido permitido visitar e inspecionar as minas e as fundições da Saxônia. Dois anos mais tarde, em agosto de 1794, recebia um atestado fornecido por Abraham G. Werner em que testemunhava a assiduidade com que acompanhara um curso completo de Orictognosia [Parte da História Natural, que ensina a conhecer e a distinguir os metais] e outro de Geognosia [Ciência que estuda a estrutura e a composição da parte sólida da Terra], demonstrando conhecimentos profundos (SOUSA, 1988, p. 71).

Em sua estada na França, Bonifácio escreveu em coautoria com seu irmão Martim Francisco de Andrada (1776-1844) um trabalho intitulado “Memória sobre os diamantes do Brasil” de 1792, apresentado à Sociedade de História Natural de Paris, da qual Bonifácio havia se tornado membro correspondente no ano de 1791, sendo inserida nos *Annales de Chimie*. Esta obra foi publicada em inglês no *A Journal of Natural Philosophy, Chemistry, and the Arts*, em 1797.

Na data da publicação, havia dois anos que o pesquisador estava realizando sua viagem filosófica. Nesse período, já tinha estudado Química e Mineralogia na França e na Alemanha. Com todo o conhecimento adquirido nos centros científicos por ele frequentado, o estudioso apresentava conhecimentos suficientes para classificar amostras mineralógicas. Assim, Andrada e Silva buscou classificar e informar sobre a riqueza diamantífera da colônia. Como afirma Sousa (1922, p. 357), “foi só então que na Europa se fez uma ideia nítida da nossa riqueza diamantina”.

Andrada e Silva visitou e inspecionou diversas minas da Suécia e Noruega, e depois de

concluir sua viagem, escreveu em 1800 a memória “Curta Notícia das Propriedades e Caracteres de alguns novos fósseis⁵ da Suécia e da Noruega, com Algumas Observações Químicas sobre os mesmos”, publicada em 1800 no *Journal de Physique, de Chimie et de Histoire Naturelle*, em francês; no *Allgemeines Journal der Chemie*, em alemão; e em 1801 no *A Journal of Natural Philosophy, Chemistry and the Arts*, em inglês. Nesta memória Andrada e Silva fez uma descrição das espécies minerais que encontrou. Em seu relato, afirmava ter descoberto doze novos minerais, mas hoje sabemos que, na realidade, apenas quatro dessas espécies eram realmente desconhecidas, sendo que as outras oito espécies eram variedades de minerais anteriormente descobertos.

Os novos minerais eram o *espodumênio*, a *petalita*, a *criolita* e a *escapolita*. A variação dos minerais já conhecidos, mas, que imaginou Andrada e Silva serem inéditos em suas análises eram o *acanticônio*, a *salita*, *cocolita*, *ictiofialmo*, *afrizita*, *vernerita*, *alocroita* e a *indicolita*.

A memória que apresentava um caráter de carta-relatório tinha como objetivo ser enviada a Beyer⁶, inspetor de minas da cidade de Schneeberg, com anotações relativas às propriedades e caracteres dos novos fósseis, juntamente com algumas amostras dos minerais por Andrada e Silva coletados (ANDRADA e SILVA, in Falcão, 1963). Bonifácio tinha o compromisso de enviar para análise amostras dos minerais pesquisados para algumas sociedades científicas, tais como, Academia de Ciências de Estocolmo, *Sociedade dos Investigadores da Natureza de Berlim*, e Sociedade Filomática de Paris.

Ele afirmava também que a descrição dos minerais foi feita seguindo um método próprio, de observação e análises químicas, mas não negava ter tido a contribuição do naturalista dinamarquês e professor de mineralogia Peter Christian Abilgaard (1740-1801):

Mas desejo, ao mesmo tempo, ser capaz de comunicar uma descrição em minha própria maneira, bem como os resultados das análises já feitas de alguns deles, juntamente com a de outros, que no momento são objeto de minha ocupação, e daqueles que o professor Abilgaard realizou a análise em Copenhague (ANDRADA e SILVA, in Falcão, 1963, p. 87).

Liberalli nos dá a dimensão da importância das descobertas de Andrada e Silva e do seu pioneirismo, como percebemos:

É a menção de propriedades químicas e, mesmo, da composição química dos minerais, segundo análises feitas por ele próprio, ou por Abilgaard, o célebre químico de Copenhague. Aí há dados químicos, alguns muito importantes, como a menção da existência de ácido fluorídrico combinado, na *criolita* da Groelândia (LIBERALLI, in Falcão, 1963, p. 266).

Ao analisarmos a descrição feita por Andrada e Silva, podemos perceber que houve a influencia do que ele aprendeu na sua estada na Alemanha, período em que acompanhou os trabalhos de Werner⁷.

Cotaremos o trabalho de Andrada e Silva com o livro *Manual de Mineralogia* escrito

pelo geólogo e mineralogista estadunidense James Dwight Dana (1813-1895). A primeira edição publicada no Brasil em 1969, passou por uma revisão do mineralogista norte americano Cornelius S. Hurlbut Júnior (1906-2005), atualmente o livro está na sua vigésima terceira edição tendo sido revista pelo geólogo holandês Cornelis Klein e pela geóloga norte americana Barbara Dutrow. Este manual, continua sendo uma das principais fontes de consulta, não apenas nas universidades, como também em empresas ligadas a geologia e mineração do Brasil. Para não ficar cansativo, neste trabalho vamos comparar as descrições, à guisa de exemplo, apenas a *petalita* e o *espodumênio* - fonte do isolamento do elemento lítio.

Breve Biografia de Dana

James Dwight Dana foi um geólogo e mineralogista nascido na cidade de Nova Iorque, Estados Unidos, no ano de 1813. Seus pais, James Dana e Harriet Dwight tiveram quatro filhos, sendo James Dana o mais velho. Desde criança, já gostava de colecionar rochas, plantas e insetos, mostrando assim, um interesse precoce pelas ciências (NATLAND, 2003).

Em 1830, foi estudar em Yale College, tornando-se bacharel em artes em 1833, na instituição conheceu Benjamin Silliman (1779-1864)⁸, professor que teve grande influência em sua formação. Depois de formado, o cientista fez várias viagens pelo Mediterrâneo a serviço da Marinha de seu país, onde lecionou matemática para os futuros oficiais. Durante essa viagem, o pesquisador escreveu uma série de cartas, em sua maioria descritivas, sobre o que ele observava. Em uma delas, destinada a Silliman, descreveu as condições do Vesúvio, um vulcão do qual Dana presenciou a erupção. Esta carta foi publicada no *American Journal of Science*, em 1835, sendo este o primeiro artigo científico de Dana (PIRSSON, 1919).

Quando retornou aos Estados Unidos, em 1834, desenvolveu uma nova classificação mineralógica, baseada na química e cristalografia em que utilizou para tal, os minerais do gabinete de Silliman - do qual havia se tornado assistente no laboratório químico de Yale - e de sua própria coleção de infância. Seu trabalho foi publicado com o título de *System of Mineralogy* (AZEVEDO e LAMA, 2015; NATLAND, 2003; PIRSSON, 1919).

Segundo Pirsson (1919), com o reconhecimento que recebeu pelos seus estudos, realizou uma Expedição Exploradora no Pacífico liderada por Charles Wilkes (1798-1877), de 1838 a 1842, na qual atuou como geólogo e mineralogista, patrocinado pelos Estados Unidos. Nessa expedição, o cientista cartografou as ilhas e escreveu as monografias sobre os crustáceos e corais daquela área. Depois de seu retorno, em 1842, seus relatórios sobre esta expedição ocuparam parcialmente o seu tempo durante 13 anos.

Em 1844, Dana viera a se casar com a filha de Silliman, Henrietta Frances Silliman (1823-1907), anos depois de seu casamento foi gerado um filho que seguiu os passos do pai, o mineralogista Edwar Salisbury Dana (1849-1935) (Bulletin of Yale University, 1935).

Em 1850, ele foi nomeado professor de história natural e geologia na Universidade de Yale, cargo este que ocupou até 1892. Durante esse tempo, o pesquisador teve alguns problemas de saúde que interrompeu sua carreira. Mesmo com a saúde debilitada, o cientista

preparou um livro-texto em que tinha por objetivo adaptar o material destinado aos estudos de geologia à aprendizagem dos estudantes norte-americanos a partir da sua vivência durante os anos de docência, assim, em 1862 foi publicado a primeira edição de seu *Manual de Geologia* (PIRSSON, 1919).

A bibliografia de James Dana conta a publicação de 214 livros e artigos, muitos deles relacionados à viagem de exploração pelo Pacífico e também as revisões que o pesquisador fez de suas obras, sendo muitas vezes ampliadas pelo vasto conhecimento que foi adquirindo com o tempo (PIRSSON, 1919). Dana trabalhou no aprimoramento de suas obras até o ano de sua morte, em 1907, em que faleceu por complicações de saúde. Sendo que seus livros *A System of Mineralogy* (1837), *Manual of Mineralogy* (1848) e *Manual of Geology* (1863) são muito utilizados pelo menos até a segunda década do século XXI.

No ano de 1868, Dana publicou a 5ª edição de seu livro *A System of Mineralogy*, na qual descreveu alguns minerais, dentre eles estava uma espécie que a partir da sua análise constatou-se fazer parte do grupo das granadas. Neste grupo também estava a *alocroíta*, mineral que Bonifácio julgou ter descoberto, e que mais tarde ficou comprovado ser uma variação de um mineral já conhecido, a *andradita*, assim chamado para homenagear o mineralogista brasileiro:

Nomeado Andradita pelo autor [o próprio Dana] depois que o mineralogista português, d'Andrada, descreveu e nomeou a primeira das subvariedades inclusas, Allochroite. As espécies incluídas variam tanto na cor e outros aspectos que nenhum dos nomes em uso servirão para o grupo⁹ (DANA, 1868, p. 268).

Embora em sua biografia nada encontrássemos que nos remeta a forma de classificação utilizada por Andrada e Silva - um compilado dos métodos disponíveis na Europa do final do século XVIII e início do XIX - podemos sim inferir que o mineralogista James Dwight Dana conhecia os trabalhos do estudioso luso-brasileiro. Assim sendo, e pelos motivos supracitados - tais como a utilização dos manuais de Dana nas universidades brasileiras e a semelhança dos métodos de descrição dos minerais - consideramos pertinente, em nossa pesquisa, comparar a classificação de dois dos minerais mais famosos estudados por Bonifácio com a classificação feita por Dana.

Petalita

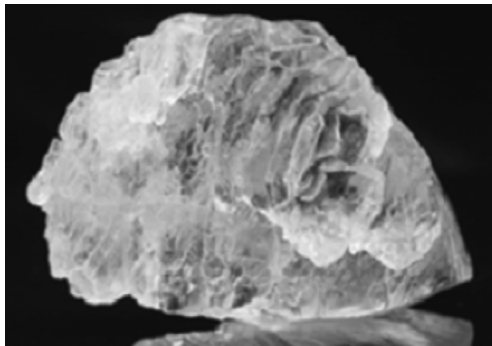
A *petalita* é um silicato de alumínio e lítio: $\text{Li}(\text{AlSi}_4\text{O}_{10})$, composto por 4,9% de Li_2O , 16,7% de Al_2O_3 e 78,4% de SiO_2 , vide figuras 1 e 2. A palavra *petalita* origina-se do grego e significa pequena folha ou pétala.

FIGURA 1: Mineral *Petalita*.



FONTE: FALCÃO, 1963, s/p

FIGURA 2: Mineral Petalita¹⁰



FONTE: Crystal-Treasure¹¹

Por propriedades Físicas dos minerais podemos ressaltar as propriedades inerentes à matéria, portanto, todos os minerais as possuem em maior ou menor magnitude.

A descrição das propriedades físicas dos minerais permite a classificação e identificação desses.

Algumas propriedades básicas, são diagnósticas na identificação do mineral. As mais importantes são: brilho, traço, dureza, clivagem e hábitos ou agregados cristalinos. Outras são: cor, densidade, fusibilidade, tenacidade, etc.

Além disso, os tipos de ambientes geológicos, em que tipos de rocha, as associações mineralógicas e sob quais condições físico-químicas os diferentes minerais são formados e

encontrados permitem uma identificação segura da espécie mineral (CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE OURO PRETO).

No Quadro 1 comparamos algumas identificações das Propriedades físicas da petalita feitas por Andrada e Silva e por Dana:

QUADRO 1: Propriedades Físicas da *Petalita*.

PETALITA		
Andrada e Silva	James Dwight Dana	
1. Avermelhada	1. Incolor	COR
2. Branco-acinzentado	2. Branca	
	3. Cinzenta	
Madrepérola	Vítreo	BRILHO
Bordas pouco transparentes	Transparente a translúcido	TRANSPARÊNCIA
Acima de 2,60	2,40	DENSIDADE
Quebradiço	Quebradiço	TENACIDADE

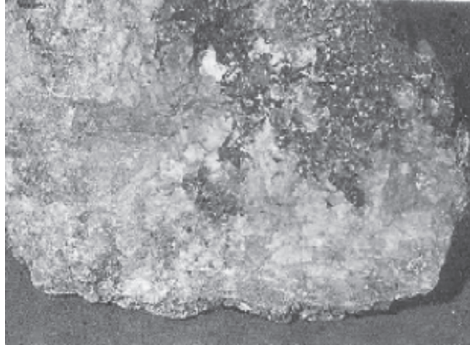
Andrada e Silva afirmava que o mineral era muito quebradiço, que tinha aparência de ser folheada e que as lâminas eram ligadas fortemente, o que anos depois é também citado por Dana, que fala em hábito em placas. Quanto a cristalografia, Bonifácio analisou o mineral por apresentar “uma agregação bastante grosseira” e por ocorrer em “pedaços finos” (ANDRADA e SILVA, in FALCÃO, 1963, P. 92), o que é corroborado por Dana (1974), ao afirmar que a *petalita* é monoclínica e domática.

Quanto as propriedades químicas, Bonifácio afirmou que “quando o mineral entra em contato com o tubo soldador ele é infusível, sem mudança de cor ou brilho” (ANDRADA e SILVA, in Falcão, 1963, p. 92); já Dana (1974) afirmou que o mineral aquecido emite cor. Quanto a solubilidade, é insolúvel em ácido, sendo que Bonifácio afirmou mais especificamente em ácido nítrico.

Espodumênio

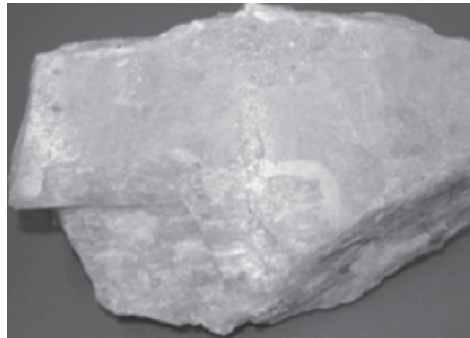
O *espodumênio* é um silicato de alumínio e lítio: $\text{LiAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)$, composto por 8,0% Li_2O , 27,4% de Al_2O_3 , e 64,6% de SiO_2 , eventualmente pequenas quantidades de sódio podem substituir o lítio vide figuras 3 e 4. Seu nome deriva do grego, e significa acinzentado.

FIGURA 3: Mineral Espodumênio¹².



FONTE: FALCÃO, 1963, s/p

FIGURA 4: Mineral *Espodumênio*¹³.



FONTE: Blog Rochas e Minerais¹⁴

Ao início da análise do mineral, Andrada e Silva começou por descrever as propriedades físicas do espodumênio, como podemos observar no quadro 2:

QUADRO 2: Propriedades Físicas do Espodumênio

<i>ESPODUMÊNIO</i>		
Andrada e Silva	James Dwight Dana	
1. Branco acinzentado	1. Branco	COR
	2. Cinza	
	3. róseo	
	4. Amarelo	
2. Branco esverdeado	5. Verde	
Madrepérola	Vítreo	BRILHO
Pouco transparente	Transparente a translúcido	TRANSPARÊNCIA
3,218	3,15 – 3,20	DENSIDADE

O estudioso afirmou que o mineral apresentava textura lamelar, enquanto Dana afirmou que apresentava textura estriada profunda no sentido vertical.

Quanto aos dados cristalográficos, Andrada e Silva afirmava que o mineral apresenta placas alongadas e que era composto por prismas romboidais. Anos depois, Dana corroborou as afirmativas de José Bonifácio, afirmando que o *espodumênio* era monoclinico e prismático.

Bonifácio afirmava que ao submeter o mineral ao tubo de sopro - fole de ferreiro ou forja - sobre ação do carvão, mostra-se sensível ao calor, opaco, sem brilho e amarelado. Quando Andrada e Silva tratava da fusibilidade do mineral, afirmava que “com um forte calor o *espodumênio* proporciona um vidro verde-branco muito transparente” (ANDRADA e SILVA, in Falcão, 1963, p. 88). Dana afirmava que ao fundir-se, emitia ramos finos, a princípio, e depois formava um vidro claro. Ambos cientistas afirmavam também, que o *espodumênio* era insolúvel. Bonifácio, realizou o experimento com ácido nítrico, percebendo que além de não dissolver, não produziu qualquer tipo de efervescência.

Por tudo isso, ao comparar as observações feitas por Andrada e Silva e alguns estudiosos de mineralogia, em especial, J. D. Dana percebemos que mesmo com décadas de diferença, avanços nos equipamentos e reagentes para análises químicas, os resultados encontrados por Dana são muito coerentes quando conferidos com os de José Bonifácio. O ponto principal que diferencia as duas descrições é a nomenclatura empregada, para fazer sua análise, Andrada e Silva descrevia com detalhes o que via, enquanto Dana já descrevia o que via valendo-se de termos especificamente criados pela mineralogia, como clivagem, tenacidade, entre outros.

Os avanços acarretados pela descoberta dos novos minerais:

Bonifácio desenvolveu suas pesquisas com os novos minerais descobertos, sendo seu artigo “Curta Notícia das Propriedades e Caracteres de alguns novos fósseis...” (1800), difundido por vários países. Em consequência, diversos pesquisadores começaram a estudar a *petalita* e o

espodumênio, e baseando na caracterização dos minerais realizada por Andrada e Silva, resultou na descoberta do elemento Lítio.

O Lítio foi descoberto em 1818 pelo químico sueco Johan August Arfwedson (1792-1841), quando trabalhava no laboratório do químico Jacob Berzelius (1779-1848), na Suécia. Inicialmente Arfwedson realizou as análises com a *petalita* e posteriormente com o *espodumênio* e *lepidolita*. Em uma carta destinada ao químico francês Claude Louis Berthollet (1748-1822), Berzelius relata a descoberta do Lítio e comenta que as análises foram realizadas a partir do mineral *petalita* anteriormente descoberto por Andrada e Silva (Weeks, 1960). Embora os métodos de extração e purificação do lítio a partir da digestão da *petalita* não está declarado nesta comunicação, Arfwedson não deixa dúvidas de que esse mineral foi a sua fonte para o trabalho.

Neste mesmo ano, o Lítio foi isolado na forma elementar por Humphry Davy (1778-1829) após eletrolisar uma solução de óxido de lítio em uma cápsula de platina (MARQUES, 2011).

Considerações Finais

Ao analisarmos a *Memória sobre os novos minerais descobertos e classificados* por Andrada e Silva, percebemos que o cientista pôde desenvolver significativamente tanto os conhecimentos aprendidos tanto na Universidade de Coimbra, como estudante de Filosofia Natural, quanto nos dez anos de viagens de estudo realizadas em toda a Europa. Estes estudos foram cruciais para a descoberta dos novos minerais que acabaram por possibilitar o isolamento do elemento químico Lítio.

José Bonifácio absorvia, sintetizava e extraía informações de todos os mestres que ele teve oportunidade de aprender. Isto se torna perceptível na sua classificação dos minerais em que se pode claramente perceber a adaptação da metodologia classificatória do botânico sueco Carl von Linneu (1707-1778), bem como dos estudiosos dos minerais, o sueco Johan Gottschalk Wallerius (1709-1785), o francês Jean-Baptiste Louis Romé de L'Isle (1736-1790) e ao alemão Abraham Gottlob Werner (1749-1817).

As análises mineralógicas realizadas por José Bonifácio impressionam pela coerência e recorrência em consulta, não seria pretensioso, admitir que seus métodos ainda imperam nas análises geológicas, uma vez que se levarmos em conta que grande parte dos currículos das universidades brasileiras tem como livro texto o *Manual de Mineralogia* de James Dana.

Notas

1. Foi determinante na formação educacional de seus filhos e era tida como uma benfeitora para a população mais carente da cidade. Ficou conhecida pelo cognome de *Mãe da Pobreza* (SOUSA, 1988).
2. Ele possuía a segunda maior fortuna do próspero Porto de Santos (MARQUES, 2011).
3. José Bonifácio cursou as cadeiras de Filosofia Racional e Moral com o Professor Dr. Antonio Soares Barbosa (1734-1801); História Natural e Química com o Professor Dr. Domingos Agostinho Vandelli

(1735-1816) e Física Experimental com o Professor Dr. João Antonio Dalla Bella (1730-1823).

4. “A viagem de estudos foi realizada por três estudiosos, sendo dois brasileiros, José Bonifácio e Manuel Ferreira da Câmara (1762–1835), e um português, Joaquim Pedro Fragoso (1760–1833)” (DOLHNIKOFF, 2012, p. 32).

5. “A palavra fóssil é usada aqui no seu sentido arcaico de qualquer mineral ou objeto achado numa escavação” (FILGUEIRAS, 1986, p. 263).

6. Provavelmente trata-se do sueco, médico da Corte e cônsul geral interino de Portugal na Suécia, Gustav Beyer (s.d), que em 1809 indicou o nome de Carl Gustav Hedberg (1774-1827) para cuidar das riquezas minerais da colônia. Em 1813, Beyer esteve no Brasil em viagem de explorações mineralógicas (LANDGRAE, s.d).

7. “No ano de 1774, Werner publicou uma obra intitulada “Sobre as Características Externas dos Minerais”, em que apresentou uma técnica para identificar os minerais por meio dos sentidos humanos. Entre essas características [estavam as] formas dos fragmentos, a transparência, a cor, os traços, a dureza, a flexibilidade, a adesão à língua e ao som. Ele descreveu as características individuais dos minerais de maneira detalhada e as subdividiu de uma forma que os maximizava pela utilidade da identificação mineral. Apenas para a cor vermelha, Werner distinguiu treze variedades diferentes. Dessa forma, Werner estava convencido, em definitivo, que os sistemas minerais deveriam ser baseados na composição química e nas propriedades e características externas” (VARELA, 2009, p. 87).

8. Silliman foi um químico, fundador e editor da revista *American Journal of Science*, mais tarde, converte-se em mentor de Dana. Algum tempo depois, Dana se torna editor da revista. Silliman teve sua formação em química na Universidade da Pensilvânia – Filadélfia, tendo estudado com James Woodhouse (1770-1809) que ocupou a cadeira de química na Universidade da Pensilvânia de 1795 até a sua morte.

9. Tradução nossa.

10. Quando em estado mais puro o mineral lembra realmente uma superposição de pétalas.

11. http://www.crystal-treasure.com/product_info.php/language/es/info/p4528_Farbloser-Petalit-Schwimmer--Kristall.html

12. O mineral da imagem apresenta turmalina na sua composição. Foi extraído da mina do Utöe, na Suécia (FALCÃO, 1963).

13. Mineral em estado mais puro.

14. http://rochasmineraisgemasfosseis.blogspot.com.br/2013_08_01_archive.html

Bibliografia

ANDRADA E SILVA, J. B. DE. (1963). Short notice the properties and external caracteres of some new fossil from Sweden and Norway; together with some Chemical remarks upon the same. En E. C. Falcão (org.), *Obras Científicas, políticas e sociais de José Bonifácio de Andrada e Silva* (pp. 85-93). Santos: Revista dos Tribunais.

AZEVEDO, M. D. P. DE; LAMA, E. A. DEL. (2015). Conservação de coleções geológicas. *Geol. USP*, São Paulo, 7, 5-105.

BULLETIN OF YALE UNIVERSITY: http://mssa.library.yale.edu/obituary_record/1925_1952/1934-35.pdf. Acessado em 09.04.2014.

- CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE OURO PRETO: <http://www.mineralogia.xpg.com.br/fisica.html>. Acessado 17.10.2015.
- DANA, J. D. (1868). *A System of Mineralogy*. New York: John Wiley e Son, Publishers.
- DANA, J. D. (1974). *Manual de Mineralogia*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos.
- DOLHNIKOFF, M. (2012). *José Bonifácio*. São Paulo: Companhia das Letras.
- FALCÃO, E. C. (Org.). (1963). *Obras Científicas, políticas e sociais de José Bonifácio de Andrada e Silva*. Santos: Revista dos Tribunais.
- FILGUEIRAS, C. A. L. (1986). A Química de José Bonifácio. *Química Nova*, 4, 263-268.
- GUIMARÃES, F. L. C. (coord.). (1988). *José Bonifácio Cientista*. Rio de Janeiro: Mailty Comunicação e Editora.
- GUNTAU, M. (2000). José Bonifácio de Andrada e Silva - Estudos e trabalhos científicos na Europa Central. En S. F. M Figueirôa, *Um olhar sobre o passado: história das ciências na América Latina* (pp. 253-276). Campinas: Editora da Unicamp.
- LANDGRAF, F. A Biblioteca Sueca da Fábrica de Ferro de Ipanema. Disponível em:http://www.ipt.br/download.php?filename=790Doacao_de_livros_raros__12_de_novembro.pdf. Acessado em 22.05.2014.
- LIBERALLI, C. H. (1963). Werner, o mestre de José Bonifácio. En Falcão, E. C. (org.), *Obras Científicas, políticas e sociais de José Bonifácio de Andrada e Silva* (pp. 260-266). Santos: Revista dos Tribunais.
- MARQUES, A. J. (2011). José Bonifácio de Andrada e Silva, naturalista. Um lado desconhecido da Historiografia brasileira. *Norte Ciência*, 2, 59-70.
- NATLAND, J. (2003). James Dwight Dana (1813–1895): Mineralogist, Zoologist, Geologist, Explorer. *GSA Today*, 20-21.
- NOGUEIRA, O. (org.). (1973). *Obra política de José Bonifácio*. Brasília: Centro Gráfico do Senado Federal.
- PIRSSON, L. (1919). *Biographical Memoir of James Dwight Dana, 1813-1895*. Washington: National Academy of Sciences.
- SILVA, A. R. C. DA. (1999). *Construção da nação e escravidão no pensamento de José Bonifácio, 1783-1823*. Campinas: Editora da Unicamp/Centro de Memória Unicamp.
- SOARES, J. C. M. (1944). José Bonifácio de Andrada e Silva, economista. *Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro*, 184, 171-194.
- SOUSA, A. (1922). *Os Andradas*. São Paulo: Typografia Piratininga.
- SOUSA, O. T. DE. (1988). *José Bonifácio*. São Paulo: Itatiaia.
- VARELA, A. G. (2009). A “Viagem de aperfeiçoamento técnico” de José Bonifácio e Manuel Ferreira da Câmara pelas regiões mineiras da Europa Central e Setentrional (1790-1800). *Tempos Históricos*, 13, 75-102.
- WEEKS, M. E. (1960). *Discovery of the Elements*. Pensilvânia: Mack Printing Company.

La relatividad en la cultura de la Argentina de inicios del siglo veinte

Alejandro Gangui , Eduardo L. Ortiz†*

Introducción

En trabajos anteriores hemos considerado diversos aspectos de la recepción de las teorías de Albert Einstein en nuestro país. En particular, discutimos el impacto de su visita a la Argentina en 1925, y el contenido preciso de las conferencias y publicaciones científicas que Einstein comunicó mientras estuvo aquí. Hemos discutido también, críticamente, diferentes documentos sobre temas afines a la teoría de la relatividad publicados en el país durante las primeras décadas del siglo pasado, en los que el nivel técnico fue sumamente variado. Finalmente, nos hemos ocupado de un documento olvidado, que Einstein preparó para su visita pero que, una vez en el país, creyó conveniente no comunicar (Ortiz, 1995, Gangui y Ortiz, 2005, 2008, 2009, 2011, 2014).

En el presente trabajo, que es parte de esa misma línea de investigaciones, nos proponemos considerar la carrera científica, cultural y pedagógica de Enrique Loedel Palumbo (1901-1962), que fue uno de los principales actores locales durante la visita de Einstein a la Argentina. Asimismo, fue uno de los fundadores de la investigación en temas de relatividad en el Río de la Plata. Además de sus intereses estrictamente científicos, Loedel Palumbo se ocupó seriamente de la pedagogía de las ciencias y se interesó por problemas filosóficos, culturales y artísticos de su tiempo.

Sus estudios en La Plata: Richard Gans

Enrique Loedel Palumbo (Loedel, a partir de ahora) nació en Montevideo el 29 de junio de 1901 y cursó la totalidad de sus estudios primarios y secundarios en el Uruguay. Luego de terminar su bachillerato de cuatro años, cursó los dos años de estudios “Preparatorios” de Ingeniería en la Universidad de la República de Montevideo. Al finalizarlos, se trasladó a la Universidad de La Plata (UNLP) donde se inscribió en la Licenciatura en Ciencias Físico-Matemáticas en la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas (Loedel Palumbo, o LP, 1940b, p. 2). En ese momento esta universidad tenía el laboratorio de física más avanzado y el personal mejor entrenado en esa disciplina de toda América Latina.

Loedel tenía también un interés especial por la educación, que lo llevó a cursar, conjuntamente, el Profesorado en Matemáticas y Física en la Facultad de Humanidades de la UNLP. En diciembre de 1923 recibió su diploma en esta última Facultad, lo que le permitía el acceso a la enseñanza secundaria. Esta posibilidad tuvo, más adelante, una importancia considerable en su vida profesional.

En 1925 completó la Licenciatura en Física y, paralelamente a sus estudios, preparó su tesis de doctorado. El entonces director del Instituto de Física, Richard Gans, que era una figura de

* Universidad de Buenos Aires, CONICET

† Imperial College, Londres

nivel internacional y sin duda alguna el científico más destacado de ese instituto, fue su director de tesis.

En su trabajo Loedel utilizó recursos ópticos -la espectroscopía y otras técnicas de laboratorio- como herramientas para el estudio de las propiedades ópticas y eléctricas de la sacarosa. El 14 de diciembre de 1925 defendió su tesis, y poco más tarde le fue otorgado el diploma de Doctor en Física.

Un resumen de la tesis, presentado para su publicación a principios de 1926, apareció impreso en la revista *Contribución al Estudio de las Ciencias Físicas y Matemáticas* (LP, 1926a). Esta fue la primera revista argentina de investigaciones originales en las ciencias físicas, fundada por Gans en la UNLP en 1913.

En esos años Gans estaba haciendo un esfuerzo serio por educar a sus alumnos, no solamente a hacer investigación original, sino también a concretar sus resultados y presentarlos en una forma publicable tanto en el país como en la supuestamente más exigente prensa científica internacional. Una versión más reducida de la tesis de doctorado de Loedel fue publicada en la prestigiosa revista alemana *Annalen der Physik* con un apéndice teórico de Gans (LP, 1926b). Lamentablemente, Gans dejó la Universidad de La Plata para hacerse cargo de una cátedra en Königsberg en 1925: Loedel fue su último discípulo en La Plata.

Loedel Palumbo y la visita de Einstein a la Argentina

En 1925 Albert Einstein visitó la Argentina y dictó una serie de conferencias sobre su teoría de la relatividad en la Universidad de Buenos Aires (UBA); además dictó conferencias especiales en las universidades de La Plata y Córdoba. En esas semanas la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Buenos Aires organizó una reunión especial en su homenaje, en la que le ofrecería el diploma de Académico Honorario.

Esa sesión especial tuvo lugar el 16 de abril y fue coordinada por su entonces presidente, el naturalista Dr. Eduardo L. Holmberg, uno de los más destacados científicos de la Argentina de esa época, con la colaboración del Ing. Nicolás Besio Moreno.

Varios académicos y especialistas en temas de física, fueron invitados a proponer al homenajeado preguntas sobre su teoría. Ellos fueron los académicos Dr. Ramón G. Loyarte y Dr. Horacio Damianovich y tres jóvenes investigadores: los físicos Dr. Teófilo Isnardi, Dr. José B. Collo y el astrónomo Ing. Félix Aguilar. Los tres últimos acababan de publicar una detallada exposición sobre la teoría de la relatividad, que habían desarrollado previamente en un ciclo organizado por la Sociedad Científica Argentina en 1922-23, precisamente en preparación de la visita de Einstein. Este trabajo ha sido analizado en detalle en (Gangui y Ortíz, 2011).

También fue invitado a participar en la sesión de preguntas el joven estudiante de La Plata Enrique Loedel Palumbo, que no estaba aún doctorado, ni siquiera graduado. Tanto las preguntas, como las supuestas respuestas de Einstein, fueron publicadas en los *Anales* de la Academia (Academia, 1928). Aunque las preguntas de Isnardi, Collo y Aguilar revelan un conocimiento detallado de la teoría, la intervención de Loedel, muy específica, sugiere un interlocutor que se

encontraba investigando activamente en el campo de la teoría de la relatividad.

La pregunta que formuló el joven Loedel hizo que el visitante se detuviera a responderla con cierta atención. Si las minutas de esa reunión pueden tomarse como una referencia confiable, Einstein habría encontrado interesante el problema sobre el que Loedel le preguntaba. Este era: “¿es posible hallar una representación de la superficie espacio-tiempo de dos dimensiones en un espacio euclídeo de tres?” (Academia, 1928, p. 330). Este problema supuestamente había conducido al joven a formular un sistema de ecuaciones diferenciales parciales no-lineales que no había logrado resolver. Según esa misma publicación, “el profesor Einstein contesta que [esas ecuaciones] no han sido resueltas, y que el problema de investigar la forma de la superficie espacio-tiempo sería muy interesante” (Ibid., p. 331).

Un año más tarde, hacia mayo de 1926, Loedel consiguió resolver el problema que había planteado a Einstein y publicó su solución, primero en *Contribución al Estudio de las Ciencias Físicas y Matemáticas* (LP, 1926c) y, en el mismo año, en *Physikalische Zeitschrift* (LP, 1926d). La suya es una nota breve, no ya un trabajo fundamental, pero el problema resuelto no era necesariamente simple.

Puede decirse que esa nota breve de Loedel de 1926 abrió dos capítulos nuevos para la física en la Argentina: el de la investigación original en física teórica y el de la teoría de la relatividad como tema de investigación, no ya de divulgación popular o avanzada como había sido hasta entonces.

En junio, Loedel volvió a ocuparse de temas de relatividad en un trabajo sobre la velocidad de la luz en un campo gravitacional (LP, 1926e). Sin embargo, luego de la partida de Einstein el interés por esa teoría quedó reducido a las tareas de muy pocos cultores de la física y principalmente con propósitos didácticos; gradualmente se fue extinguiendo: tanto en la Argentina como fuera de ella, el interés comenzó a centrarse en la nueva mecánica cuántica.

En su actividad docente durante esos años Loedel alternó su trabajo en la Facultad de Ciencias de UNLP y en la Facultad de Humanidades de esa misma universidad con tareas de enseñanza en escuelas secundarias. Luego de su primera designación como profesor en el Colegio Nacional de La Plata, en abril 1924, fue nombrado Jefe de Trabajos Prácticos de Física en la Facultad de Ciencias en 1926 y en 1927 adquirió una segunda cátedra en el mismo Colegio. También en 1927 fue designado profesor suplente de Física General (A ó B) en la Facultad de Ciencias y profesor suplente de Geografía Matemática en la de Humanidades. Más tarde, en 1936 agregó a esas tareas la de profesor en el Liceo de Señoritas, también en La Plata (LP, 1940b, p. 2).

Su talento había sido detectado tempranamente también en la Universidad de Buenos Aires, donde se lo incorporó como Conservador del Gabinete de Física aun antes de la visita de Einstein. Quizás esta no fuera una designación ideal para un físico teórico pero, muy posiblemente, era la única disponible dentro del presupuesto de esa institución. Lamentablemente, esta conexión no sobrevivió su viaje a Alemania, al que nos referiremos a continuación.

La década de 1930, física y filosofía de la ciencia

En 1928 y 1929 Loedel obtuvo una beca de la UNLP para trasladarse a la Universidad de Berlín, donde hizo estudios de física bajo la dirección de dos distinguidos maestros: Max Planck y Erwin Schrödinger (LP, 1940b, p. 2) indicando también, más tarde, que en ese período estuvo en relación con Einstein, lo que no es sorprendente, y con Hans Reichenbach (LP, 1959, p. 3).

A través de este último tomó un contacto directo con el movimiento positivista lógico que buscaba una fundamentación más precisa de las ciencias exactas. En 1940 Loedel (LP, 1940b, p. 1) indicó que “en algunas épocas de mi vida he estudiado filosofía con fervor, en mi juventud fui racionalista cartesiano, más tarde escéptico y por el momento el empirismo consecuente del círculo de Viena cuenta con mis simpatías”.

En las décadas de 1930 y 1940 las contribuciones de Loedel reflejan un interés profundo por la discusión de los fundamentos de las ciencias físicas, a la que contribuyó con varios aportes. En 1935 regresó a Europa para participar en una reunión del primer *Congrès International de Philosophie Scientifique*, reunido en la Sorbonne, París, en el que participaron, entre otros, A. J. Ayer, R. Carnap, F. Enriques, Ph. Frank, A. Lautmann, A. Tarski, y H. Reichenbach, éste último ya emigrado a Turquía.

La enseñanza de la física a un nivel elemental, es decir, la comunicación precisa de los resultados de esa ciencia a la juventud, y el análisis de ese proceso, fue una preocupación consecuente con sus estudios en la Facultad de Humanidades a principios de la década de 1920. A este último interés puede, quizás, atribuirse el esfuerzo considerable que dedicó a la autoría de una serie de obras de enseñanza de la física y de la matemática a nivel de la enseñanza secundaria. Esas obras dejaron una marca por su originalidad y por la búsqueda de una fundamentación racional.

Después de su regreso de Alemania, Loedel continuó en contacto con las dos Facultades de la UNLP y, al mismo tiempo interrumpió su colaboración docente con la UBA, aunque, como veremos en seguida, tuvo contacto con otras instituciones de alto nivel de esa ciudad. Es posible que su contacto con la UBA fuera rescindido por razones de economía del tiempo; sin embargo su colaboración con esa universidad hubiera sido oportuna en esos años.

Poco después de su regreso de Alemania, a principios de la década de 1930, Loedel fue invitado a dictar un ciclo de conferencias en el recién establecido Colegio Libre de Estudios Superiores (CLES) de Buenos Aires. En las dos décadas siguientes el CLES se convertiría en una de las más altas tribunas de estudios avanzados de la Argentina, una alternativa a la Universidad oficial a la que se comenzó a percibir como excesivamente concentrada en la formación de profesionales.

En 1930, en un primer ciclo en el CLES, Loedel dictó nueve conferencias sobre la estructura del átomo; el año siguiente fue invitado nuevamente por el CLES para dictar otras seis conferencias sobre el mismo tema. Más tarde, resúmenes de esas y de otras conferencias suyas fueron publicados en *Cursos y Conferencias*, la revista oficial del CLES (LP, 1931, 1934a).

La enseñanza de las ciencias a la juventud

En la víspera de su partida a Alemania, Loedel había colaborado con otro físico de La Plata, el ya mencionado Loyarte, en un exitoso *Tratado Elemental de Física*, cuyo primer volumen apareció en 1928 y un segundo en 1932 (Loyarte y Loedel Palumbo, 1928, 1932).¹ Esta obra alcanzó justa popularidad, al punto de seguir republicándose por más de un cuarto de siglo.

Separadamente, ambos físicos continuaron preocupándose por la educación en el área de sus intereses. En el caso de Loyarte sus obras de texto dieron preferencia al nivel universitario. Otros físicos, como Isnardi y Collo, miembros del mismo grupo inicial de la UNLP, escribieron también textos adaptados a los programas de la UBA o de otros centros: la Escuela Naval fue uno de ellos. El éxito de esas obras sugiriere que la modernización de la enseñanza de la física a nivel secundario y universitario, es decir, su aporte a la elevación del nivel cultural del país, resultó ser –finalmente– un resultado concreto e importante del esfuerzo modernizador iniciado por su organizador, Joaquín V. González, en la UNLP con la asistencia específica de Emil Bose, y luego de Gans, en el caso de la física.

Con posterioridad a aquella obra con Loyarte, y más particularmente en la primera mitad de la década de 1940, Loedel escribió unas 15 obras de texto para la enseñanza secundaria de la matemática y la física, algunas de ellas en colaboración con Salvador de Luca, a los que dio un enfoque muy personal.

Esas obras fueron publicadas por la editorial Ángel Estrada, uno de los editores más cotizados en el área de las obras de texto elementales en ese momento. En ellas Loedel trató de dar una perspectiva más amplia que la que requerían los programas de estudio, agregando notas históricas y perspectivas modernas que no siempre estuvieron presentes en otras obras de esa época.

Entre esas obras se destaca el texto de *Física elemental* (LP, 1940a) que fue recibido con satisfacción por la crítica local, señalándose en una de ellas (Textos, 1940) que el autor no había escatimado esfuerzo “en su propósito didáctico” y que además de su mérito didáctico había mostrado el “lugar que corresponde al conocimiento de la física en el acervo cultural”. También se destaca su *Cosmografía o Elementos de Astronomía*, un texto de más de seiscientas páginas redactado, nuevamente en colaboración con de Luca (Loedel Palumbo y de Luca, 1940). La primera edición apareció en 1940 y en la década siguiente fue reeditado nuevamente en casi cada año. A partir de 1941 comenzó a aparecer una serie de textos sobre la Geometría, la Aritmética y el Álgebra elementales (Loedel Palumbo y de Luca, 1942), redactadas con el mismo colaborador.

En 1949 Loedel publicó un interesante estudio crítico sobre la enseñanza de la física (LP, 1949a); en sus 15 capítulos se ocupó sucesivamente del método de la enseñanza, la experimentación, la interconexión de los conceptos científicos y el significado de una teoría física; consideró luego al alumno de física y analizó más adelante diversos conceptos centrales de la física: masa, temperatura, causalidad; finalmente consideró el papel que puede jugar la historia de la física y los recursos didácticos abiertos al profesor. Ese libro fue publicado dentro de una nueva serie, sobre “Ciencias de la Educación”, iniciada por la Editorial Kapelusz, de Buenos Aires; ésta era una nueva empresa editorial con recursos técnicos que permitían hacer

un uso muy amplio de las ilustraciones.

En total Loedel escribió más de cuatro mil páginas de obras de texto en la década de 1940 en las que ejemplificó sus ideas sobre las ciencias exactas y sobre su enseñanza.

El interés de Loedel por los fundamentos y la didáctica de las ciencias fue compartido con otros científicos argentinos de ese período y se puede asociar con diversos avances institucionales. En particular con la creación de un capítulo local de la *Académie Internationale d'Histoire des Sciences* en Buenos Aires, con el apoyo de Julio Rey Pastor y Aldo Mieli (Ortiz, 2012, pp. 425-27); hemos señalado más atrás su participación en el primer congreso de filosofía de la ciencia, en París.

Loedel se preocupó también por las prácticas de laboratorio en la enseñanza de la física en los colegios de La Plata; en su expediente del Colegio de Señoritas de esa ciudad hay referencias a su donación de instrumentos y, también, a una nota oficial (LP, 1940b, p. 3), fechada en 1942, en la que se le agradecía su contribución al desarrollo del laboratorio de ese colegio.

En 1934, entre medio de su obra en colaboración con Loyarte (y de la mencionada controversia) y su segunda larga serie de textos, Loedel publicó un libro de poesías titulado *Versos de un físico; física y razón vital* (LP, 1934b), que fue favorablemente recibido por la crítica literaria de los principales periódicos locales. Sobre este libro de poesías escribió su autor que lo consideraba “muy bueno” (LP, 1940b, p. 5). Loedel ha dicho que, en poesía, se consideraba discípulo de Rubén Darío, habiendo sido un admirador de Becquer en su primera juventud (Ibid., p. 1).

Loedel Palumbo: Física relativista

Hacia mediados de la década de 1940 Loedel volvió a sus antiguas preocupaciones en el campo de la teoría de la relatividad. Su figura como investigador original en esa área, preocupado a la vez por la comprensión y difusión de las ideas científicas, conserva hoy un interés considerable dentro de los estudios sobre la relatividad en la Argentina. En particular, en esos años, Loedel hizo esfuerzos considerables para construir herramientas conceptuales capaces de permitir al estudioso avanzar más profundamente en el abordaje de esa teoría.

En 1943, luego de un golpe militar, las universidades argentinas sufrieron una “depuración” política que afectó a un grupo extenso de profesores. Loedel se contó también entre los cesantes.² Meses más tarde, la intensificación de la oposición al régimen militar forzó una reconsideración de su actitud y la reincorporación de los afectados. En 1946 se repitieron, aunque en una dimensión mucho mayor, las expulsiones masivas por razones políticas. En marzo de 1947 Loedel fue dejado cesante en sus cargos, tanto en la UNLP como en los establecimientos de enseñanza secundaria anexos a ella. Recién en 1956 sería reincorporado nuevamente a aquella universidad.

En junio de 1948, Loedel fue invitado por la Universidad Nacional de Cuyo (UNCu) a incorporarse como profesor contratado en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Exactas, Físicas y Naturales que ésta sostenía en San Juan (LP, 1959, p.7).

La presencia de un buen número de especialistas de calidad en su plantel docente (muchos de ellos cesanteados de otras instituciones) hizo posible que la UNCu pudiera considerar la

posibilidad de desarrollar un interesante y ambicioso proyecto de investigación científica. Se organizó un instituto que tomó el nombre de Departamento de Investigaciones Científicas, o DIC. Como el cuerpo central de la universidad, el DIC fue establecido en la ciudad de Mendoza, con ramas fuera de ella. Loedel fue miembro de su primer Consejo Técnico colaborando también con otro organismo de esa misma universidad, el Centro de Estudios Físico Matemáticos, creado el 27 de junio de 1948.

También en 1948 Loedel participó en un Congreso de Filosofía que se reunió en Mendoza entre el 30 de marzo y el 9 de abril y que fue el primero de carácter internacional en esa disciplina en la Argentina. Allí leyó una nota sobre el problema de las magnitudes físicas (LP, 1949b). En esta contribución consideró críticamente el concepto de magnitud, estudiando el impacto de la teoría de la relatividad sobre dicho concepto. Por otra parte, en una reunión del Centro de Estudios Físico Matemáticos de la UNCu celebrada en Mendoza en 1948, Loedel se ocupó del problema de la aberración de la luz en la teoría de la relatividad, enviando un trabajo sobre el mismo tema para su publicación en los Anales de la Sociedad Científica Argentina (LP, 1948). Este interesante trabajo daría lugar a una propuesta alternativa a los diagramas de Minkowski, que discutiremos en detalle en otra ocasión.

Su contrato caducó a fines de 1953 y, en sus propias palabras, “[n]uevamente quedé totalmente libre de toda tarea docente en 1954 y 1955” (LP, 1959, p. 7). En esos años publicó varios trabajos y redactó su libro *Física relativista*, publicado en diciembre de 1955 (según LP, 1957, p. 78).

El libro *Física relativista* (LP, 1955) apareció nuevamente bajo el sello de la Editorial Kapelusz, de Buenos Aires; en esa obra volvió a ocuparse de la teoría de la relatividad y, según explica el autor, era su contribución personal a la celebración del cincuentenario de la aparición del primer trabajo de Einstein sobre esa teoría. Esta es una obra extensa, accesible a un público con conocimientos universitarios básicos, en la que el autor ofrece un estudio histórico crítico de la teoría de la relatividad y presenta algunas novedades.

Su obra fue recibida favorablemente por los críticos locales; uno de ellos, el matemático e historiador de la ciencia Ing. José Babini expresó que se trataba de “un excelente y útil tratado para el conocimiento y comprensión” de una parte importante de las conquistas de la física del siglo 20 (Babini, 1956). Sin embargo, otros consideraron que se trataba de una presentación muy personal de la teoría: es posible que sea precisamente en este punto donde resida el principal interés de esa obra.

Como indicamos más atrás, en noviembre de 1956, casi una década después de haber quedado cesante, fue reincorporado a su cátedra en la UNLP como profesor titular de Física I y II y de Física Teórica I; poco más tarde fue designado vicepresidente del Consejo de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. Asimismo fue Jefe del Departamento de Física y Matemáticas del Colegio Nacional de La Plata y miembro correspondiente de la Academia Nacional de Ciencias de Lima. Loedel Palumbo falleció en la ciudad de La Plata el 31 de julio de 1962.

Notas

1. Con este mismo colega, quien había llegado a ser el Rector de la UNLP en 1928, Loedel tuvo una seria controversia científica, lo que seguramente no le agilizó su promoción en los ámbitos académicos platenses del momento.
2. Fue dejado cesante el 1 de septiembre de 1943 (LP, 1940b, p. 8).

Bibliografía

- ACADEMIA, (1928). ‘Recepciones y distinciones. Recepción del doctor Alberto Einstein en la sesión especial de la Academia el día 16 de abril de 1925’, *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, **I**, 320-31. Originalmente publicado en *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, **107**(1): 320-331 (1928), que en ese momento tenía un acuerdo de publicaciones con aquella Academia.
- BABINI, JOSÉ, (1956). ‘Un gran tratado sobre “Física Relativista” de Enrique Loedel’, *El Mundo*, Buenos Aires, julio 8, 1956.
- GANGUI, ALEJANDRO Y ORTIZ, EDUARDO L., (2005). ‘Marzo-abril 1925: Crónica de un mes agitado: Albert Einstein visita la Argentina’, *Todo es Historia*, **454**: 22-30.
- (2008). Einstein’s Unpublished Opening lecture for his Course on Relativity Theory in Argentina, 1925, *Science in Context*, **21**(3): 435-450.
- (2009). ‘First echoes of relativity in Argentine astronomy’ (2009), *Historia de la Astronomía*, G. Romero, S. Cellone and S. Cora, eds., AAABS No. 2 (supplement) La Plata, Argentina, pp. 31-37.
- (2011). ‘Anti-positivismo, ciencias teóricas y relatividad en la Argentina de la década de 1920’, *Revista Brasileira de História da Ciência*, **4**(2): 201-18.
- (2014). ‘The scientific impact of Einstein’s visit to Argentina, in 1925’, *Asian Journal of Physics*, **23**(1), 81-90.
- LOEDEL PALUMBO, ENRIQUE (1926a). ‘Las constantes ópticas de la molécula de sacarosa. Su “forma geométrica”’. *Contribución al estudio de las ciencias físicas y matemáticas*, **5**: 53-78.
- (1926b). ‘Optische und electrische Konstanten des Rohrzuckers’, *Annalen der Physik*, **384**: 533-549.
- (1926c). ‘Forma de la superficie espacio-tiempo de dos dimensiones en un campo gravitacional proveniente de una masa puntiforme’, *Contribución al estudio de las ciencias físicas y matemáticas*, **4** (73): 79-87.
- (1926d). ‘Die Form der Raum-Zeit-Oberfläche eines Gravitationsfeldes, das von einer punkt-förmigen Masse herrührt’, *Physikalische Zeitschrift*, **27**: 645-648.
- (1926e). ‘La velocidad de la luz en un campo gravitacional’, *Contribución al estudio de las ciencias físicas y matemáticas*, **4**: 455-60.
- (1931). ‘Estructura del átomo’, *Cursos y Conferencias*, (Nos. 1, 2: Estructura del átomo, No. 4: Modelo Atómico de Bohr, No. 5: Espectros Roentgenianos y No. 8: Espectros Roentgenianos y estructura del átomo).
- (1934a). ‘Lógica y Metafísica (Una introducción al estudio del problema de la

- causalidad)', *Cursos y Conferencias*, **9**, Nos. 131-32.
- (1934b). *Versos de un físico; física y razón vital*, La Plata: Talleres Gráficos Olivieri y Domínguez.
- (1940a). *Física elemental*, Buenos Aires: Ángel Estrada. Una obra de casi 600 páginas.
- (1940b). Ficha Bio-Bibliográfica, Colegio Secundario de Señoritas, Universidad Nacional de La Plata; Junio 25, 1940.
- (1948). 'Aberración y Relatividad', *Anales de la Sociedad Científica Argentina* **145**: 3-13.
- (1949a). *Enseñanza de la física*, Buenos Aires: Kapelusz, (Volumen 4 de la Biblioteca de Ciencias de la Educación), 492 pp.
- (1949b). 'El convencionalismo en el problema de las magnitudes físicas', en *Actas del Primer Congreso Nacional de Filosofía* (reunido en Mendoza en 1949), Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo, 1950, pp. 1589-1592.
- (1955). *Física Relativista*, Buenos Aires: Editorial Kapelusz.
- (1957). 'La aceleración de caída en un campo y la variación de la marcha de los relojes fijos en el mismo', *Revista de la Unión Matemática Argentina*, **18** (2): 78.
- (1959). 'Antecedentes, científicos y docentes de Enrique Loedel Palumbo, presentados a la UNLP'. La Plata.
- LOEDEL, ENRIQUE Y DE LUCA, SALVADOR (1940). *Cosmografía, o Elementos de Astronomía*, Buenos Aires: Ángel Estrada. Primera edición, 614 pp.
- (1942). *Geometría elemental, Primer año; Geometría elemental, Segundo año; Geometría elemental, Tercer año y Aritmética*. (Todos esos textos respondían al Ciclo Común de los estudios del Bachillerato y del Magisterio). Buenos Aires: Ángel Estrada.
- LOYARTE, RAMÓN G. Y LOEDEL PALUMBO, ENRIQUE, (1928, 1932). *Tratado elemental de física. Tomo I* (1928); *Tomo II* (1932). Buenos Aires: Ángel Estrada, primeras ediciones; estas obras alcanzaron, por lo menos, 10 ediciones.
- ORTIZ, EDUARDO L. (1995). 'A convergence of interests: Einstein's visit to Argentina in 1925', *Ibero-Americanisches Archiv*, Berlin, **20**: 67-126.
- (2012). 'Julio Rey Pastor y los físicos. Matemática, física-matemática, física teórica: 1925-1935', en Diego Hurtado (ed.) *La Física y los físicos argentinos. Historias para el presente*, Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba y Asociación Física Argentina, pp. 397-442.
- TEXTOS, (1940). 'Textos Escolares', *La Prensa*, 9 de abril de 1940.

Aspectos epistemológicos relacionados con la existencia de horizontes en cosmología

*Alejandro Gangui**

Heredera de un antiguo debate filosófico, la cosmología moderna vuelve a enfrentarse con una cuestión básica: los principios de la física, ¿son necesarios (como mantenían los aristotélicos) o contingentes (como apuntan los nominalistas)? En el modelado del universo actual existen varios parámetros libres, cuyos valores deben ser fijados por el experimento y la observación astronómica. Estos valores ajustan adecuadamente un sistema físico posible. Pero la pregunta que uno puede plantearse es: ¿podría el universo haber sido diferente? (por ejemplo, con diferente relación entre las fuerzas fundamentales, o incluso con una dimensión espacio-temporal diferente de las cuatro conocidas). Si consideramos a la física como una ciencia demostrativa, basada en principios evidentes y necesarios, no se precisa más explicación. Sin embargo, si sus principios son contingentes, hay que explicar más: si ningún argumento impide que el universo pueda ser diferente de lo que es, uno debe explicar por qué tomó la forma que tiene actualmente. Por ejemplo, hoy sabemos que el universo a muy grandes escalas de distancia es extremadamente isótropo (la radiación cósmica de fondo nos lo muestra). ¿Qué «condiciones iniciales» podrían haber generado este hecho observacional? Antes de que en 1981 surgiera la idea de la inflación cósmica -que todo lo suaviza-, Collins y Hawkins [1973] mostraron que solo en un conjunto ínfimo de condiciones iniciales era posible que se generase un universo como el nuestro. La isotropía cósmica no es, por tanto, un principio necesario, sino contingente y, peor aun, un caso extremadamente improbable (dentro de los modelos relativistas no inflacionarios). En otras palabras, el equilibrio cósmico es sutil: una leve diferencia en una o varias de estas características, o bien en las «constantes» fundamentales, podría resultar en un universo desprovisto de las condiciones adecuadas como para formar estructuras astrofísicas que permitan albergar la vida como la conocemos.

Parámetros sintonizados

La formación de grandes estructuras astrofísicas, como galaxias y cúmulos de galaxias, requiere de una cierta cantidad (o densidad) mínima de materia (tanto materia ordinaria, formada por los átomos conocidos que eventualmente se condensarán en estrellas luminosas, como también materia no-ordinaria, no-luminosa, que conocemos como materia oscura). En la época embrionaria de nuestro universo, cuando era denso y caliente, y estaba fuertemente dominado por la radiación, la densidad de materia masiva no pudo ser demasiado pequeña, en relación con los otros componentes de materia presentes, o de lo contrario la gravitación -que tiende siempre a aglutinar las partículas con masa- hubiese sido incapaz de contrarrestar la presión de

* Universidad de Buenos Aires, CONICET

radiación para formar las primeras estructuras. Por otra parte, la expansión del universo, que en escalas espaciales cosmológicas tiende a separar las estructuras muy lejanas, no pudo haber sido siempre demasiado rápida, o los primeros grumos de materia se habrían diluido rápidamente sin llegar a formar las galaxias que vemos hoy.

Pero aun satisfechas las condiciones ya enumeradas, esto no es suficiente. En efecto, si queremos formar, digamos, una galaxia, no basta con tener los ingredientes necesarios (la masa de unos cien mil millones de soles); también precisamos las condiciones iniciales adecuadas. Un universo perfectamente homogéneo, es decir, idéntico en todas partes, no sirve para formar estructuras astrofísicas, pues no existe en él un lugar privilegiado donde comenzar a formar una galaxia. Por ello, es necesario que existan pequeñas inhomogeneidades en la distribución inicial de la densidad de materia, de tal modo que allí donde hay un «grumo», las partículas se vean atraídas y se aglutinen cada vez más hasta formar las estrellas y galaxias que nos rodean hoy.

Estas irregularidades tanto tiempo buscadas en la distribución de materia, fueron finalmente reveladas -en forma indirecta- en el fondo de radiación primordial que ya mencionamos, y que hoy conocemos como la radiación cósmica del fondo de microondas [Gangui, 2005]. Las irregularidades son muy pequeñas, del orden de 10^{-5} en números adimensionales, y caracterizan la amplitud de los grumos de materia en las escalas más grandes que se pueda imaginar, típicas de los supercúmulos galácticos.¹ Lo curioso -o interesante- del asunto es que este valor, al que se ha dado en llamar Q -o bien la amplitud de las fluctuaciones cosmológicas de densidad de materia [Tegmark and Rees, 1998]- no puede ser muy diferente del que fue hallado, o de lo contrario el universo actual hubiese sido muy distinto del que observamos.

Veamos algunos detalles. Modifiquemos imaginariamente el nivel de las irregularidades (Q) pero dejemos las demás variables (los demás parámetros cosmológicos) como las medimos en la actualidad (es decir, vayamos en orden y modifiquemos una variable a la vez). Si Q fuese menor que 10^{-5} los grumos iniciales de materia oscura (que se forman antes que los de la materia bariónica, pues no interactúan con la radiación) tardarían más tiempo en desarrollarse, y convergerían en estructuras más pequeñas y dispersas. En las galaxias resultantes, la formación de estrellas sería lenta e ineficiente. El material reprocesado por la fusión nuclear en el interior de las primeras estrellas (aquel que forma los primeros elementos pesados indispensables para la vida y es luego dispersado por explosiones de supernova) terminaría migrando fuera de las galaxias, en lugar de reciclarse en nuevas estrellas que formasen sistemas planetarios. Si Q fuera aun menor, digamos menor que 10^{-6} , el gas primordial jamás se condensaría en estructuras ligadas gravitacionalmente, y el universo permanecería oscuro y anodino. Esto sería así, incluso si la proporción de los demás componentes fuese idéntica a la de nuestro universo actual.

Yendo en la dirección inversa, si imaginamos que las irregularidades iniciales en realidad fueron perturbaciones de gran amplitud en la distribución de la materia, es decir que Q es significativamente mayor que 10^{-5} , el universo resultante sería turbulento, con un nivel de interacción entre sus constituyentes que nos es difícil de imaginar. En este caso, regiones de tamaños característicos muy superiores al de las galaxias se condensarían gravitacionalmente

demasiado temprano en la historia del cosmos y, por el exceso de masa, no se fragmentarían luego en estrellas sino que terminarían dando origen a inmensos agujeros negros quizás más pesados que todo un cúmulo de galaxias de nuestro universo actual. El exceso de la temperatura del gas interestelar resultaría en intensas emisiones de rayos X y gamma, y las pocas galaxias que quizás llegarían a formarse tendrían sus estrellas tan apoltonadas que sus auto-interacciones les imposibilitarían contar con sistemas planetarios estables [Lightman, 1984], como aquellos necesarios para el desarrollo de la vida.²

Grandes números: la relación entre el micro- y el macro-cosmos

La fuerza de la gravedad es la más débil de las cuatro interacciones fundamentales conocidas. Esta fuerza viene caracterizada por la constante de Newton G y su amplitud entra en forma directa en el cálculo de toda interacción gravitacional entre partículas, por ejemplo, entre un protón y un electrón. Por otra parte, protones y electrones poseen cargas eléctricas y entonces interactuarán, por ejemplo electrostáticamente, con una fuerza proporcional a estas cargas. En este ejemplo, ambas partículas tienen igual magnitud de carga, aunque éstas son de signo contrario; por eso se atraen. La posibilidad de «cargas» opuestas no existe en la gravitación (las masas de las partículas siempre son positivas) y por ello no existe la posibilidad de una repulsión gravitatoria en estos casos simples.

Ambos tipos de interacción, gravitacional y electrostática, decrecen en intensidad con la distancia, más precisamente con el «cuadrado» de la distancia que separa el electrón del protón. Así, uno podría preguntarse cómo es la relación entre estas distintas fuerzas para dos partículas separadas una cierta distancia. Pues bien, para el caso del electrón y del protón, el cociente entre la fuerza gravitatoria y la fuerza electrostática es un número sin dimensiones extraordinariamente pequeño, del orden de 10^{-40} . Es por esta razón que sabemos a ciencia cierta que la gravitación (sea la de Newton como la de Einstein) no es relevante para explicar la estructura del átomo. Por el contrario, a las mayores escalas del universo, los objetos astrofísicos usuales se nos presentan sin cargas eléctricas netas, esto es, son neutros, y por ello el electromagnetismo juega un rol menor, y deja lugar a la gravitación (y como sabemos a la relatividad general de Einstein) para la correcta descripción del universo y de su dinámica.

Sin embargo, la presencia de tales números «adimensionales» inquieta a los físicos. ¿Por qué habrían de aparecer semejantes relaciones numéricas en las leyes de la física que relacionan dos fuerzas fundamentales? ¿Por qué la fuerza de la gravitación se nos presenta tan notoriamente débil si la comparamos con las fuerzas características de los reinos atómico y nuclear? Pese a que aún no se sabe cómo responder a estos interrogantes, existen ciertos indicios que nos llevan a pensar que tales números no son sólo el resultado de consideraciones de microfísica, sino que, por el contrario, podrían surgir como resultado de considerar el universo en su totalidad. Este tipo de ideas llevó al físico inglés Paul Dirac a proponer en 1937 un novedoso enfoque de la cosmología basado en consideraciones de números adimensionales [Dirac, 1937]. Estos números son construidos a partir de cantidades físicas fundamentales, como ser la carga eléctrica

del electrón e , las masas m_p y m_e del protón y del electrón, la constante de Hubble H_0 (esto es, el valor que tiene «hoy» el parámetro de Hubble, ya que éste varía en el tiempo), y, finalmente, la velocidad de la luz c y la constante de Newton G (quedan otras cantidades fundamentales sin mencionar, pero no hacen a esta discusión).

Así, la razón entre la fuerza electrostática de Coulomb y la gravitatoria mencionada antes puede expresarse mediante una simple ecuación: $e^2/(G m_p m_e) \sim 10^{40}$.³

Pero he aquí una coincidencia extraordinaria, pues podemos también construir un número muy similar a éste a partir de dos tiempos característicos a priori completamente independientes de estas interacciones fundamentales. Estos tiempos característicos son: el tiempo que requiere la luz para atravesar el tamaño r_e de un electrón (dado por $r_e = e^2 / (m_e c^2)$ y llamado el «radio clásico» del electrón) y el tiempo característico de la escala cosmológica, dado por la inversa del parámetro de Hubble hoy, notado H_0^{-1} , que corresponde aproximadamente a «la edad del universo». Así, basta entonces dividir el segundo de estos tiempos H_0^{-1} , por el primero r_e/c (la luz viaja con velocidad c), para construir la cantidad $c H_0^{-1} [e^2 / (m_e c^2)]^{-1} \sim 10^{40}$.

¿Coincidencia? Podríamos pensar que sí. Dirac en cambio pensaba que tal coincidencia era tan notable que debía ser aceptada como una de las leyes del universo.

Pero Dirac no fue el primero en notar la aparición en la física de estos grandes números adimensionales. Ya en 1919, el matemático alemán Hermann Weyl señaló que la razón entre r_e y el «radio gravitatorio» del electrón $r_g = 2 G m_e / c^2$ era del orden de 10^{40} (como en efecto lo podemos verificar) [Weyl, 1919]. Notemos que r_g es aquel tamaño característico (e ínfimo) para el cual el electrón (si se concentrara toda su masa dentro de una esfera de radio r_g) se convertiría en un agujero negro.

En resumen, parece haber dos posibilidades, o mejor dicho, dos vías posibles para el estudio de la existencia de los grandes números adimensionales en la física. La primera se inclina por afirmar que las coincidencias arriba enunciadas (y varias otras que no enumeramos aquí) son meras «coincidencias numéricas» que suceden por alguna propiedad especial de la época presente en la que nos toca observar el universo (notemos que aparece el valor actual H_0 del parámetro de Hubble, en otras palabras, la inversa de la edad del universo actual). La otra posibilidad es afirmar que estas aparentes coincidencias no son tales, sino que constituyen la punta visible del iceberg: indicios de algo más profundo y fundamental que aún debemos elucidar.

Fuerza de la gravedad variable en el tiempo

La primera línea de estudio mencionada más arriba fue propuesta por Robert Dicke [1961] y llevó a la concepción del llamado *principio antrópico*, una línea de pensamiento que tomó gran auge a partir de los trabajos de Carter [1974] y de muchos otros [e.g., Carr and Rees, 1979; Barrow and Tipler, 1986]. En una lectura simple, este principio establece que el valor actual de la edad del universo (y por lo tanto de H_0) no puede ser arbitrario, sino que debe ser compatible con el requerimiento de que la vida tenga el tiempo suficiente para desarrollarse. En palabras de Dicke: «*Mostraremos que, suponiendo un universo evolutivo, T [la edad de Hubble del universo]*

no puede tomar su valor dentro de un gran rango de valores, sino que está un tanto limitada por requerimientos biológicos necesarios a la época del hombre". Así, contrariamente a lo que se podría suponer, la edad del universo no surge de una elección aleatoria dentro de un vasto espectro de posibilidades, sino que está condicionada por un criterio antrópico: *"El primero de estos requerimientos es que el universo, y por ende también la galaxia, tengan la edad suficiente como para que existan otros elementos además del hidrógeno. Es bien sabido de todos que hace falta carbono para fabricar a los físicos"* [Dicke, 1961]. Luego, el tiempo de Hubble era "tan grande" (y tanto mayor al tiempo empleado por la luz en atravesar un electrón) sencillamente porque se debía contar con un tiempo adecuado como para que observadores como nosotros pudieran aparecer en la escena cosmológica.

La segunda posibilidad no invoca ideas antropocéntricas (que para muchos equivale a una regresión más que a un desarrollo genuino de la ciencia) y es la aproximación al problema elegida por Dirac. Su idea era que los grandes números adimensionales que aparecían en las relaciones entre las escalas microfísicas y cosmológicas, podían conectarse por relaciones simples en las que los únicos coeficientes adimensionales que quedaban eran del orden de la unidad.

Así, la razón entre la fuerza de Coulomb y la fuerza de Newton mencionada más arriba, $e^2 / (G m_p m_e)$, cuando es dividida por $c H_0^{-1} / r_e$ (esto es, la razón entre el tiempo de Hubble y el de vuelo de la luz a través de un electrón), resulta en la cantidad $e^4 H_0 / (G m_p m_e^2 c^3) \sim 1$, es decir, un número adimensional del orden de la unidad.

Dirac supone que esta relación es válida para todas las épocas cosmológicas (y no tan sólo en la actualidad) y entonces, dado que H varía en el tiempo (valiendo H_0 hoy), se deduce que al menos una de las "constantes" físicas relevantes (e , G , m_p , m_e o bien c) también deberá variar de manera de satisfacer esta última relación. Para evitarse el problema de tener que reformular la totalidad de la física atómica y nuclear (donde e , c y la masas del electrón y del protón son muy relevantes), Dirac eligió a la constante de Newton, G , como aquella constante que "perdería su status".⁴

De la última ecuación que escribimos arriba, es fácil ver que G deberá variar de igual modo que el parámetro de Hubble, H , y dado que este último varía en forma inversa al tiempo cósmico (recuérdese que H_0^{-1} es aproximadamente la edad del universo hoy) se deduce que G variará también en forma inversa al tiempo.

Así, pocos años atrás, la relatividad de Einstein destronaba a la mecánica newtoniana para la descripción de la gravedad, aunque aún conservaba a la constante de Newton explícitamente dentro de las constantes fundamentales del modelo. Ahora, Dirac termina el trabajo, y retira a G su derecho a permanecer constante. A partir de ahí, se iniciará una cosmología rica en nuevos fenómenos que continúa incluso hoy y que lentamente se empieza a poner a prueba con las más recientes observaciones astrofísicas.

En resumen, en la cosmología de Dirac no existe una significación fundamental en que cantidades como $G m_p m_e / e^2$ sean del orden de 10^{-40} . El motivo por el cual esta cantidad es tan pequeña es simplemente que el universo es muy viejo.

Por el contrario, la explicación antrópica se basa en afirmar que esta cantidad es así de pequeña, pues si así no lo fuese no habría pasado el tiempo necesario para “fabricar” seres curiosos como nosotros para hacerse estas preguntas.

Sintonía antrópica, muchos mundos y los horizontes en cosmología

Desde hace varios años se vienen realizando esfuerzos para tratar de dar cuenta de esta precisión (o “sintonía fina”) en el valor de los parámetros libres de la física del cosmos (en cantidades como $Q \sim 10^{-5}$ y en la ocurrencia de grandes números adimensionales, entre muchas otras coincidencias “cósmicas”). Principios extra-científicos, alguna vez considerados marginales, son ahora analizados seriamente. El principio antrópico es uno de estos. Como dijimos, esta idea “explica” por qué, por ejemplo, las fluctuaciones cosmológicas tienen precisamente esa amplitud y no otra, o bien por qué la gravedad es una fuerza tan débil comparada con las demás interacciones de la física: si así no lo fueran no existirían estrellas estables, ni vida planetaria [Barrow and Tipler, 1986]. Sin embargo, en su versión original -aquella propuesta por Carter [1974]- el principio antrópico (“débil”) solo tenía poder explicativo si venía asociado con la existencia de todo un *ensemble* de mundos, dotados de diferentes combinaciones de condiciones iniciales y de constantes fundamentales. El nuestro sería entonces tan solo una *realización* posible dentro de dicho grupo de universos; un universo en el que las condiciones físicas -las leyes y las constantes- serían las adecuadas para el desarrollo de observadores.

En los primeros años del nuevo milenio, esta idea de muchos universos tomó cuerpo en la teoría de cuerdas, un área de la física teórica de altas energías que a priori parecía distante, tanto en motivación como en su formalismo. Desde su resurgimiento, la aspiración de esta teoría fue establecer un marco matemático coherente y elegante que pudiese conducir a un conjunto único de leyes y constantes de la física en las bajas energías. De ser esto posible, uno podría pensar que las cuerdas dejan poco lugar al principio antrópico, pues la sintonía fina de parámetros y leyes que propone este último se volvería irrelevante. Sin embargo, las cuerdas viven en un espacio matemático cuyas dimensiones espaciales exceden a las tres conocidas, y por ello un aspecto importante para la teoría -y difícil de lograr- es seleccionar la buena compactificación (o estado de vacío) que permita recuperar la física conocida. Pues cada compactificación posible, en el régimen de bajas energías, da lugar a un universo distinto, con sus propias leyes y constantes fundamentales. El conjunto de todas estas soluciones (o universos) posibles se ha dado en llamar el paisaje (o “landscape”) de la teoría de cuerdas [Susskind, 2003].

El *paisaje* de la teoría de cuerdas ofrece un sustento teórico para la idea de los muchos universos, o *multiverso*, y hace lo propio también con el principio antrópico, que al haber acumulado un sinnúmero de detractores ya venía necesitando apoyo de parte de la física fundamental. Aclaremos que estos universos posibles no son meras soluciones matemáticas a las ecuaciones de la teoría de cuerdas; sus proponentes los consideran universos reales, tanto como aquel en el cual nos ha tocado vivir y realizar nuestras observaciones.

Es aquí que se presenta una cuestión de no poca importancia, pues: ¿basta con verificar

que estos -quizás innumerables- universos posibles sean consistentes con las leyes básicas de la física matemática? ¿O es quizás necesario que sea posible detectarlos (observarlos) en la forma usual, empírica? Y, aunque sabemos que la mayoría de los filósofos hoy se aparta del empirismo tradicional, podemos preguntarnos: ¿qué manera de falsar la teoría -en el sentido popperiano- tenemos a nuestra disposición?

Recordemos los cinco criterios estándar para evaluar cuan satisfactoria es una teoría científica [Kuhn, 1977]: precisión, consistencia interna y externa, amplitud de alcance, simplicidad, y fecundidad o productividad. La primera condición (*precisión o exactitud*) se relaciona con el poder empírico de una teoría, esto es, con el hecho de que existan consecuencias deducibles de la teoría que deben estar en acuerdo con el resultado de los experimentos y las observaciones. Aunque el mismo Einstein dejó bien en claro que la experimentación no lo era todo, pues “*La formulación de leyes fundamentales es más bien un ejercicio de la intuición*”, y que también expresó que “*La experiencia es, por lo tanto, juez, pero no madre de las leyes fundamentales*” [Einstein, 2008; Gangui and Ortiz, 2008], años más tarde, comentando sobre su teoría general de la relatividad, Einstein manifestó: “*La experiencia permanece, por supuesto, como único criterio de la utilidad física de una construcción matemática*” [Einstein, 1950]. En fin, aunque existen sutilezas en la implementación de estos criterios para la cosmología [Ellis, 2007; Kragh, 2014], hay un consenso general que selecciona al primero de ellos (la precisión) como uno fundamental, cuya verificación (o refutación) frente a la experiencia otorga estatus científico a una teoría. La confrontación contra el experimento o la observación (la falsación popperiana) es una condición necesaria, aunque no suficiente, como criterio de demarcación entre teorías científicas y aquellas que no lo son. (Aunque Popper [1974] dejó en claro que no le asignaba ningún valor absoluto al criterio de falsación y no lo consideraba una definición de ciencia.)

En conclusión, estas teorías que nos ocupan involucran “otros” universos (multiversos o dominios causalmente desconectados), lo que nos permite contar con un ensemble adecuado en donde poder calcular probabilidades: nuestro universo sería entonces uno entre una multitud posible de realizaciones (donde las constantes fundamentales podrían ser diferentes). Aparte de lo ya señalado, esta hipótesis se enfrenta con otras serias limitaciones -más tradicionales, podríamos decir- que la cosmología le impone a un observador que intente examinar (o falsar) el modelo teórico: *la velocidad finita de la luz*, que no nos permite recabar información actualizada del cosmos, sino solo datos de cómo eran los objetos astronómicos en el pasado, y la existencia de *horizontes* de observación, que limitan nuestro contacto causal o visual con regiones distantes del universo.

Ya se trate del horizonte (“cosmológico”) de partículas, característico de los modelos del Big Bang (es decir, temporalmente finitos hacia el pasado), que nos limita en aquellas regiones del universo que *aún* no hemos llegado a ver,⁵ o bien del horizonte de eventos, característico del modelo estándar actual (con energía oscura y expansión acelerada), que nos marca un límite a futuro y señala que habrá regiones que *jamás* llegaremos a ver [Gangui, 2005], estas características de nuestro universo relativista dejan al cosmólogo a merced de incertidumbres

en principio insalvables. A menos que nuestro universo sea muy particular, el resultado es que jamás obtendremos datos sobre la mayor parte del cosmos que nos alberga. Estas limitaciones son fundamentales para un abordaje epistemológico de la cosmología, en su afán de describir el estado actual y la evolución de nuestro universo.

En este proyecto hemos considerado útil discutir brevemente las bases teóricas y las limitaciones propias de una ciencia como la cosmología, cuando se pretende extraer información global y objetiva a partir de observaciones que, por su propia naturaleza, son incompletas. En el decir de Ernan McMullin [1981], temas como los discutidos aquí involucran cuestiones lógicas y epistemológicas que se ramifican en toda área de la filosofía: la cosmología se vuelve un campo de pruebas tanto para la filosofía de la ciencia como para las teorías de la materia que esgrimen físicos y astrónomos.

Notas

1. Estas escalas son del orden de los miles de millones de años-luz, o bien 1000 Mpc. Las irregularidades son tan pequeñas porque la interacción gravitacional lo es, comparada con otras interacciones de la física, y muestra las primeras concentraciones leves de materia.
2. El lugar donde se ubica nuestro sistema solar, a unos saludables 27 mil años-luz del centro de la Vía Láctea, es por ello muy adecuado.
3. Con el signo “~” queremos notar que ambos miembros de la ecuación son “aproximadamente iguales” o bien que ambos tienen aproximadamente el mismo orden de magnitud.
4. Como nota irónica, notemos que en esa época Dirac ocupaba el puesto de profesor Lucasiano de matemáticas en Cambridge, cargo que había pertenecido a Newton varios siglos atrás.
5. Un poco más restrictivo que el horizonte de partículas es el *horizonte visual*. Este último viene definido por las líneas de universo de las partículas más lejanas de las cuales podemos recibir radiación electromagnética en la actualidad. A estas partículas las “vemos” como aquella materia (o plasma) que emitió la radiación cósmica de fondo en la época del desacoplamiento (partículas/radiación) durante el universo temprano (“luz” caracterizada por un corrimiento al rojo $z = 1100$, aproximadamente).

Bibliografía

- BARROW, J.D. and TIPLER, F.J. 1986. *The Anthropic Cosmological Principle*, Oxford: Clarendon Press.
- CARR, B.J. and REES, M.J. 1979. The anthropic principle and the structure of the physical world, *Nature*, 278: 605-612.
- CARTER, B. 1974. Large Number Coincidences and the Anthropic Principle in Cosmology, in Longair, M.S. (ed.), *Confrontation of Cosmological Theory with Astronomical Data*. Dordrecht: Reidel, 291-298. (reprinted in Leslie 1990). (IAU Symposium 63)
- COLLINS, C.B. and HAWKING, S.W. 1973. Why is the universe isotropic? *Astrophys. J.*, 180: 317-334.

- DICKE, R.H. 1961. Dirac's Cosmology and Mach's Principle, *Nature*, 192: 440-441.
- DIRAC, P.A.M. 1937. The Cosmological Constants. *Nature*, 139: 323.
- ELLIS, G.F.R. 2007. Issues in the philosophy of cosmology, Butterfield, J., Earman, J. (eds.), *Philosophy of physics*, Amsterdam: North-Holland, pp. 1183-1286.
- EINSTEIN, A. 1950. On the generalized theory of gravitation, *Scientific American*, 182: 13-17 (April issue).
- EINSTEIN, A. 2008. Unpublished opening lecture for the course on the theory of relativity in Argentina, 1925, *Science in Context*, 21(3): 451-459.
- GANGUI, A. 2005. *El Big Bang: La génesis de nuestra cosmología actual*. Buenos Aires: Eudeba.
- GANGUI, A. and ORTIZ, E.L. 2008. Einstein's unpublished opening lecture for his course on relativity theory in Argentina, 1925, *Science in Context*, 21(3): 435-450.
- KRAGH, H. 2014. Testability and epistemic shifts in modern cosmology, *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 46: 48-56.
- KUHN, T.S. 1977. *The essential tension: Selected studies in scientific tradition and change*, Chicago: University of Chicago Press. (Lecture of 1973, pp.320-339.)
- LIGHTMAN, A.P. 1984. A fundamental determination of the planetary day and year, *Am. J. Phys.*, 52: 211.
- MCMULLIN, E. 1981. Is Philosophy Relevant to Cosmology?, *American Philosophical Quarterly*, 18(3): 177-189.
- POPPER, K.R. 1974. Replies to my critics. In *The Philosophy of Karl Popper*, Schilpp, P.A. (ed.), 961-1200. La Salle, IL: Open Court Publishing House. (Sección: "Dificultades de la propuesta de demarcación".)
- SUSSKIND, L. 2003. The Anthropic Landscape of String Theory, <http://arxiv.org/abs/hep-th/0302219> .
- TEGMARK, M. and REES, M.J. 1998. Why is the CMB fluctuation level 10^{-5} ?, *Astrophys. J.*, 499: 526-532.
- WEYL, H. 1919. Eine Neue Erweiterung der Relativitaetstheorie, *Annalen der Physik* 59: 101-3. (Una nueva extensión de la teoría de la relatividad.)

Aspectos conceptuales de la noción de computación

*Pío García, Javier Blanco**

Introducción

De acuerdo con un consenso generalizado Alan Turing ha propuesto, en su trabajo de 1936, la noción central de computación. La forma en la cual se ha entendido el aporte original de Turing es variado. Algunas perspectivas han puesto el acento en las implicancias de la mecanización supuesta en la noción de procedimiento efectivo. Así, se discute, entre otros problemas, el alcance del mecanicismo y sus eventuales consecuencias para lo que es el pensamiento humano. De acuerdo con otra tradición, lo que se suele entender por computación está asociado básicamente con la extensión de la tesis Church-Turing. Desde este punto de vista la equivalencia de los formalismos constituye el aspecto central de la propuesta de Turing. Así, todo lo que quedaría por hacer es explicitar lo que ya está implicado en dichos formalismos – y supuesto en su equivalencia-. Ambas perspectivas están relacionadas en el sentido de que lo que se supone que lo que es la computación ha quedado ya claro en la propuesta de Turing. Y que lo que queda por hacer está vinculado con la mera explicitación de sus consecuencias formales o con la aplicación de esta noción de computación a otros contextos – como el de inteligencia artificial-.

Sin embargo, en el presente trabajo sugeriremos que hay aspectos de la noción de computación, tal como fue propuesta por Turing, que todavía necesitan ser elucidados desde una perspectiva conceptual. En particular sugeriremos que lo que caracteriza a un sistema como computacional es su capacidad de dar cuenta de distintos comportamientos, esto es lo que se podría llamar su ‘programabilidad’. Esta forma de entender a la computación pone en primer plano a la noción de ‘programa’, la cual surge a partir de una distinción entre niveles posibilitada por la idea de máquina universal. En este sentido, esta elucidación conceptual que sugerimos aquí es consecuencia de una de las propuestas centrales del artículo de Turing de 1936.

Este tipo de análisis conceptual de la noción de computación es relevante por varias razones. Aquí podríamos señalar dos: el pancomputacionalismo y la mecanización del pensamiento. En la literatura filosófica de los últimos años se ha planteado el problema de la relevancia de una descripción computacional de la mente. Este problema ha derivado en un cuestionamiento más amplio a la noción misma de computación. Desde este punto de vista, cualquier sistema de una complejidad suficiente computaría. Esta tesis ha recibido el nombre de “pancomputacionismo” y parece en principio cuestionar que haya algo como computadoras en un sentido genuino. Habría más bien sistemas complejos que son interpretados por un agente como realizando cómputos. En este sentido, resulta un aporte relevante señalar si es posible indicar aspectos, más allá de la cantidad de elementos, en un sistema que permitan dar cuenta de su capacidad computacional. Asimismo, la propuesta de vincular computabilidad

* Universidad Nacional de Córdoba

con programabilidad permite comprender por qué Turing creía que la máquina implicada en el juego de imitación (1950) era una buena respuesta al desafío cartesiano vinculado con los límites del comportamiento mecánico. En otras palabras, la objeción comportamental cartesiana por la cual las máquinas no podrían pensar.

Organizaremos nuestro trabajo de la siguiente manera: en la sección I presentaremos la propuesta de Turing. En la sección II desarrollaremos nuestra propuesta de entender a la computación en términos de programabilidad.

La propuesta de Turing

Alan Turing propuso en 1936 una solución -negativa- al problema de la decisión planteado por David Hilbert unos años antes. En ese mismo artículo, Turing presenta una manera de entender qué es un procedimiento efectivo – o un algoritmo- a través de los procedimientos y estructura de una máquina. De esta manera el problema formal de la decisión se especializa transformándose en la pregunta acerca de si una máquina se detiene o no. Hay, asimismo, una de esas máquinas que es capaz de imitar a cualquier otra máquina. En otros términos, dicha máquina particular – la llamada máquina universal- puede tomar como entrada la codificación de una máquina de Turing cualquiera y generar el comportamiento que la caracteriza. Veamos estas ideas de manera más precisa.

Una máquina de Turing puede ser definida a partir de un conjunto finito de estados, un alfabeto finito de símbolos de entrada y una función de transición, la cual suele ser presentada como una tabla de transición. Los datos de entrada vienen en una cinta infinita (pero con una cantidad finita de símbolos no nulos), sobre la cual habrá una posición diferenciada que indicará el símbolo corriente. Cada una de las filas de la tabla indica para cada estado y símbolo de entrada dados cómo se cambia el símbolo corriente de la cinta, si se mueve para la izquierda o la derecha la posición corriente, y cuál será el nuevo estado.

En el artículo de 1936 Turing pretende modelar, de alguna manera, el comportamiento de un sujeto que realiza acciones mecánicas para solucionar un problema matemático. Así, el “computador” presentado por Turing para realizar las computaciones prescriptas por sus máquinas abstractas es una persona equipada con lápiz y papel que toma una tabla de transición como codificación de un comportamiento cuyos datos de entrada están la cinta, y va aplicando mecánicamente los pasos prescriptos en esa tabla. Cada paso indica posibles modificaciones a una posición de la cinta, un posible cambio de posición y cuál es el siguiente estado. Si se llega a un estado y un símbolo de entrada para el cual no hay ninguna regla en la tabla, el programa termina. Como decíamos más arriba, la máquina universal es una máquina particular (dada por su propia tabla de transición) cuyo comportamiento consiste en recorrer la cinta leyendo el código de una máquina dada, y luego comportarse como dicha máquina tomando como entrada el resto de la cinta. Es en este sentido que decíamos que la máquina universal puede imitar el comportamiento de cualquier otra máquina, al menos en lo que respecta al comportamiento de entrada/salida. Esta posibilidad depende de que se pueda codificar una

máquina de Turing y que luego esta codificación sea parte de los “datos” de entrada de otra máquina de Turing particular que ahora funciona como una máquina universal.

Una propiedad importante de este tipo de máquinas es que no podemos predecir el comportamiento de *cualquier* máquina de Turing (aunque podamos predecir el comportamiento de *algunas*). Esto se sigue de la solución -negativa- al problema de la detención. Esto es: poder predecir si una máquina de Turing cualquiera dará un resultado - positivo o negativo- o no se detendrá nunca. Esta es una manera muy fuerte de establecer que no podemos saber *a priori* lo que hará una máquina (en este caso una computadora). Dado que la máquina universal puede imitar a cualquier máquina y que no puede predecirse el comportamiento de algunas de dichas máquinas (es decir, no hay manera mecánica de determinar conociendo la máquina y los datos para esa máquina, si va a producir un resultado o no), no puede predecirse en particular el resultado de evaluar una máquina universal para un conjunto de datos iniciales (una parte de los cuales, en particular, estará codificando alguna otra máquina). Disponemos, entonces, de una máquina particular, la máquina universal, para la cual podemos demostrar que es impredecible, que no hay ningún método para determinar *a priori* su comportamiento. Por supuesto que una manera de intentar saber cómo se va a comportar es llevar adelante el proceso mecánico que ella prescribe, pero no hay ninguna garantía de que ese proceso arroje algún resultado observable.

Ahora bien, la arquitectura y funcionamiento de una máquina universal destaca un aspecto que se ha transformado en ubicuo. Dicho aspecto lo constituye la noción de programa. Su centralidad y su carácter funcional se manifiestan más claramente en la máquina universal. Una máquina de Turing tiene un programa que permite, a partir de los datos de entrada, generar un comportamiento. El vínculo entre el programa y dicho comportamiento es prescriptivo en un sentido fuerte. Lo cual, como vimos en el párrafo anterior, no implica que sea posible – en toda circunstancia – determinar qué comportamiento se va a generar. Este vínculo prescriptivo depende, como dijimos, de los datos de entrada, pero constituye un rasgo estructural y funcional que va más allá de dichos datos. Es más, es posible presentar una concepción de computación anclada en la programabilidad. Si un programa es el vínculo prescriptivo que permite generar un comportamiento a partir de un conjunto de datos, entonces la programabilidad de un sistema se puede caracterizar por el tipo de comportamientos generados¹.

Esta noción de programa – y de programabilidad- es, como dijimos más arriba, de carácter arquitectónico y funcional. Esto se ve claramente en la máquina universal. En este caso, los datos de entrada son, en realidad, la codificación de otra máquina de Turing. La noción misma de “dato” o de “programa” depende de la arquitectura y la función que cumplen en la máquina que se está considerando.

¿Qué podría aportar esta noción de computación centrada en la idea de programa?. Estimamos que esta manera de ver a la computación puede aportar en diversas discusiones filosóficas. A continuación sugerimos de manera esquemática dos contextos filosóficos: el del pancomputacionalismo y el de la propuesta de Turing de 1950 acerca del pensamiento mecánico.

Pancomputacionalismo y la caracterización de Turing

El alcance de la caracterización de lo que es computación ha sido tema de disciplinas formales, mientras que los aspectos vinculados con la implementación o el diseño han sido abordados por las ingenierías. No obstante, desde hace un par de décadas, el alcance de la noción de computación ha sido tema de la filosofía de la mente. En este ámbito, se ha cuestionado la tesis “computacionalista” en términos de su capacidad explicativa para dar cuenta de determinados fenómenos. Una forma de hacer esto es mostrando que la explicación en términos de mecanismos computacionales no agrega nada relevante a nuestra comprensión de la mente. Si cualquier sistema de la suficiente complejidad puede ser descripto como una computadora, entonces no hay nada específico en el señalamiento de que la mente sea una computadora. La llamada tesis del pan-computacionalismo tuvo su origen en el trabajo de Hilary Putnam y John Searle, y afirma que cualquier sistema físico con suficientes estados puede implementar cualquier computación.

En principio puede parecer que el problema acerca de pertinencia de la explicación computacional para la mente no tiene nada para aportar a la caracterización de la noción misma de computación. Sin embargo, si cualquier sistema con una cantidad suficiente de estados puede ser descripto como computacional, entonces se hace evidente que lo que sea computación parece quedar relegado a lo que es interpretado por un agente como tal. Es más, Jack Copeland en un artículo muy citado titulado “¿Qué es computar?” (Copeland 1996), al dar cuenta de las críticas del pancomputacionalismo, dice que aquí se supone que la caracterización de Turing es “necesaria pero no suficiente” (Copeland 1996: 335).

En la primeras formulaciones de este problema, la cuestión a discutir era la tesis de que cualquier sistema de una complejidad suficiente podría tener una mente. Pero luego se hizo evidente que uno de los supuestos centrales de esta discusión era la noción de computación. Bill Lycan (1987) discute a fines de los setenta una de las primeras versiones de este problema presentado por Ian Hinckfuss a fines de los setenta del siglo pasado:

“Supongamos que tenemos un balde de plástico con agua al sol. En un nivel microscópico, ocurren una multitud de cosas complejas: corrientes de convección, reproducción frenética de bacterias y otras minúsculas formas de vida. Estas cosas, a su vez, requieren una actividad frenética en un nivel molecular para sostenerlas. Como si esto no fuese suficientemente complejo, por simple azar, ¿puede darse un programa humano por un período breve de tiempo (dadas determinadas correlaciones entre microeventos y la requerida entrada/salida y los estados simbólicos del programa)?. Si esto es así, ¿no debe el funcionalista concluir que el agua en el balde por un período breve de tiempo constituye el cuerpo de un ser consciente y que tiene pensamientos y sentimientos?. De hecho virtualmente cualquier objeto físico bajo cualquier condición tiene suficiente actividad dentro de él a un nivel molecular que, si Hinckfuss está en lo correcto acerca de su balde de agua, el funcionalista rápidamente cae en un panpsiquismo”.

Unos años después Searle (1990) al presentar sus objeciones a la capacidad explicativa de la tesis computacional explicita el vínculo con la caracterización de Turing:

“Las definiciones originales dadas por Alan Turing conforman la definición estándar de computación.. En la definición estándar de computación es difícil ver cómo evitar lo siguiente: 1. para cualquier objeto, hay una descripción de ese objeto tal que bajo tal descripción el objeto es una computadora digital. 2. Para cualquier programa y para cualquier objeto suficientemente complejo, hay alguna descripción del objeto bajo la cual implementa el programa. Así por ejemplo la pared a mis espaldas está ahora implementado el programa Wordstar porque hay algún patrón del movimiento de las moléculas que es isomórfico con la estructura formal de Wordstar. Pero si la pared está implementando el programa Wordstar, entonces si hay una pared lo suficientemente grande, ésta puede implementar cualquier programa, incluido cualquier programa implementado en el cerebro.”

Sin embargo, luego de este intento de trivializar la explicación computacionalista, Searle sugiere algunas soluciones:

“Creo que es posible bloquear el resultado de la realizabilidad múltiple restringiendo nuestra definición de computación. Una definición más realista de computación enfatizará tales aspectos como las relaciones causales entre los estados del programa, la programabilidad y la controlabilidad del mecanismo y su situacionalidad en el mundo real” (Searle 1990)

De hecho la mayoría de estos caminos posibles de solución han sido recorridos por los filósofos: el camino causal -en términos contrafácticos- ha sido sugerido, entre otros, por Copeland (1996), Chalmers (1996) y Piccinini. Por otro lado se ha señalado a la controlabilidad del sistema como un aspecto clave de las computadoras que sean “usables”. En otros trabajos hemos argumentado en favor de la programabilidad como una característica saliente de la computación (Blanco, García, Cherini 2011). La modificabilidad y plasticidad en los sistemas computacionales podrían entenderse desde la capacidad de dichos sistemas de ser programables. De hecho, éste parece haber sido uno de los puntos centrales de la forma en la cual el propio Turing entendió cómo se podría desarrollar la caracterización computacional en su controvertido artículo de 1950.

Pensamiento mecánico, flexibilidad y programabilidad

A mediados del siglo XX Alan Turing publica un artículo muy citado en el cual se preguntaba si las máquinas podían pensar (Turing 1950). Al parecer algunas de las propuestas de dicho artículo, como el juego de imitación, estaban diseñadas como una respuesta a un objeto tradicional del pensamiento mecánico: René Descartes. La prueba de corte conductista descrita por Turing se puede asociar directamente con la parte V del Discurso del método. Además de este test de imitación Turing sugería diversos argumentos para intentar socavar los prejuicios que descartaban la posibilidad de máquinas pensantes. Pero hay una propuesta, que Turing no la presenta como argumento sino como un contexto nuevo, que estimamos que se destaca sobre el resto. En primer lugar Turing no hablaba de cualquier máquina sino de las

computadoras. Pero además destacaba la importancia de las propiedades de un tipo particular de computadora: la máquina universal. Veamos de manera esquemática algunos aspectos centrales de su propuesta.

Como decíamos más arriba, en su artículo de 1950, Turing propone lo que se denomina el juego de imitación para responder a la pregunta de si las máquinas pueden pensar. Un aspecto crucial para comprender el alcance de la discusión presentada en este artículo es indagar si Turing propone aquí condiciones necesarias o meramente suficientes para decir que sus máquinas pueden pensar. Probablemente por el contexto histórico se suele interpretar al juego de imitación como estableciendo condiciones suficientes. Recordemos que por esta época se publicaba *El concepto de lo mental* de Ryle y *Ciencia y conducta humana* de B. F. Skinner. No es de extrañar que una perspectiva conductista haya visto en el juego de imitación un ámbito excluyente para dar cuenta de la inteligencia. Se podría plantear la cuestión del alcance de la interpretación conductista desde, al menos, tres perspectivas. Una de ellas entiende que Turing estaba comprometido con una condición de suficiencia, aunque no de necesidad, en su test de imitación (v.gr. Ned Block). De esta manera poseer un determinado comportamiento – indistinguible en un sentido relevante de los seres humanos- sería suficiente para señalar inteligencia. Pero además de la condición de suficiencia, se ha argumentado que Turing defendería una condición de necesidad (Abramson 2011). Dicho aspecto estaría asociado con la predictibilidad de la conducta y se ha llamado la condición de limitación epistémica (Abramson 2011 p. 546). Una tercer forma de interpretar el alcance de la propuesta de Turing sería la siguiente: entre las respuestas a las objeciones, Turing señala que podría haber máquinas que tengan un comportamiento que pueda ser visto como inteligente pero que no se parezca al de los seres humanos. Son, entonces, dos cuestiones diferentes: por un lado el que se puedan llevar adelante tareas no triviales de resolución de problemas y, en segundo lugar, el que dicha tarea se asemeje al modo humano de resolver estos problemas. Esta distinción será retomada en los años 70 en las disputas asociadas a la inteligencia artificial. Ahora bien, retomando, la llamada condición de limitación epistémica, ésta tiene un interés especial para nosotros porque puede remitir de manera directa al comportamiento de la máquina universal y a aquellas propiedades que hacen posible dicho comportamiento. Turing entendía que aquella propiedad que se destacaba por sobre las otras y que hacía interesante a esta máquina era su flexibilidad. Y esta flexibilidad está asociada con capacidad de estos sistemas de ser programables. Como vimos en la segunda sección, en la arquitectura de una máquina de Turing aparece como relevante el programa para dar cuenta de la flexibilidad en el comportamiento. Y esta flexibilidad se manifiesta de manera más clara en la arquitectura y funcionamiento de la máquina universal.

No es nuestra intención aquí argumentar en favor de la tesis de que la inteligencia humana tiene un carácter mecánico, sino más bien en la importancia de discutir acerca del alcance de la caracterización de la computación. Y en este sentido, al rescatar la programabilidad como una propiedad central se está rescatando una intuición propuesta aunque no desarrollada por el propio Turing.

Judson Webb plantea (Webb 1980, p. 8) que la noción de proceso efectivo queda

caracterizada de manera explícita y precisa por lo que va a llamar la *tesis de Turing*: Un procedimiento es ‘efectivo’ cuando puede ser simulado (computado) por una máquina de Turing. Esta tesis se presenta en un marco de identificación de comportamiento mecánico y procedimiento efectivo, la cual se analiza a lo largo del libro. Curiosamente ese mismo año fue publicado el artículo de Gandy acerca de los principios de los mecanismos, donde concluye también, a partir de un teorema complejo, en la co-extensividad del cálculo mecánico y las funciones computables por máquinas de Turing. Ninguno cita al otro en esos trabajos.

Los mecanismos pueden ser descritos, en el trabajo de Gandy, a través de un proceso de ‘etiquetado’ (labelling) de sus partes, y a partir de las restricciones que esas descripciones satisfacen puede demostrar que cualquier mecanismo así descrito computa solo funciones Turing-computables.

Este juego de identificaciones suele ser llevado demasiado lejos, a saber: Por un lado, lo efectivamente computable se establece como equivalente a lo computable por una máquina de Turing, o por cualquier formalismo equivalente, dada la tesis de Church-Turing. Por otro, el conjunto de procesos (de cálculo, pero esto se usa solo para poder comparar las nociones) mecánicos es el mismo que el generado por las máquinas de Turing. Suele concluirse de aquí que cualquier mecanismo es ‘computacional’, ya que es equivalente (funcional o comportamentalmente) a alguna máquina de Turing, pero eso no se sigue de las premisas. En realidad, hay una premisa implícita que es la que justamente está en cuestión: si algo puede describirse por una máquina de Turing, entonces ese algo es ‘computacional’, con todos los riesgos que implica usar intransitivamente este adjetivo.

A manera de hipótesis de trabajo, postulamos la diferencia precisa entre ser descriptible por una máquina de Turing, es decir ser ‘mecánico’, y poseer las características de programabilidad propias de la máquina universal de Turing, es decir, ser un sistema computacional.

Algunas conclusiones

Mientras que en las décadas de 1960 y 1970 se desarrolló un optimismo desmesurado acerca de la posibilidad de modelar computacionalmente los procesos cognitivos, el relativo fracaso de ese proyecto lleva en la actualidad a un desinterés por los modelos computacionales de la mente, pese que se sigue manteniendo la creencia de que efectivamente habría en ellas mecanismos en algún sentido computacionales, de procesamiento de información. Sin embargo, parece quedar claro a partir de las interminables discusiones acerca de qué sería lo computacional en las mentes, que abundan, al menos operativamente, concepciones erróneas o simplistas de cuáles son las propiedades específicas de la computación y qué rol podría tener en las explicaciones de los procesos cognitivos.

Consideramos que pese a estar cruzada por nociones de una gran complejidad y diversidad de posturas, como las de información o cognición, una caracterización precisa de la noción de computación puede lograrse en el marco aquí propuesto y con ello resolver, a veces meramente disolver, diversos problemas de otras áreas de la reflexión filosófica.

Notas

1. Para un desarrollo más extenso de esta idea Cfr. Blanco, Cherini, Garcia, Interpreters (2011).

Bibliografía

- CHALMERS, DAVID J. (1996). Does a rock implement every finite-state automaton? *Synthese* 108 (3):309-33.
- ABRAMSON, DARREN (2011). Descartes' influence on Turing. *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 42 (4):544-551.
- COPELAND, B. JACK (1996). What is computation? *Synthese* 108 (3):335-59.
- LYCAN, W. G.: 1987, *Consciousness*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- SEARLE, J.: 1990, 'Is the Brain a Digital Computer?', *Proceedings and Addresses of the American Philosophical Association* 64, 21-37.
- TURING, A.M. (1936). "On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem". *Proceedings of the London Mathematical Society*. 2 (1937) 42: 230–265.
- TURING, A.M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59, 433-460.
- DAVIS, MARTIN (2000) *The universal computer. The road from Leibniz to Turing*, Norton.
- DESCARTES, R.: (2003) *Discurso del método; estudio preliminar, traducción y notas de Bello Reguera, E.; ed. Tecnos, Madrid.*
- Webb, J. (1980) "MECHANISM, MENTALISM, AND METAMATHEMATICS: AN ESSAY ON FINITISM, Dordrecht, Holland, D.
- BLANCO, J. CHERINI, R.; DILLER, M; GARCIA, P. *Interpreters*, Proceedings European Conference on Computer Science. © V ERLAGSHAUS M ONSSENSTEIN UND V ANNERDAT OHG A M H AWERKAMP 31 48155 MÜNSTER 2011. p1 - 12. isbn 978-3-86853-546-4

Sobre los alcances de la lingüisticidad para la constitución de los objetos sociales: institución, inscripción e interpretación

*Carlos Emilio Gende**

I Introducción

Es innegable la incidencia de la lingüisticidad para la constitución de los objetos sociales, aunque esto no signifique, al menos no lo es en mi enfoque, la reducción de la realidad social a efecto de lenguaje; incidencia no es lo mismo que sobre determinación o subordinación.

Ahora bien, precisamente para que una caracterización no se confunda con la otra, deberíamos establecer qué alcance le damos a la lingüisticidad en general, con el objetivo de indagar luego su aplicación específica al caso de lo social: ¿acaso aludimos a teoría del significado, es decir, a lenguaje descrito como sistema de vehiculización de contenidos significativos previamente establecidos; acaso a asociación íntima e ineliminable de significado con significante, es decir, a “Lengua” opuesta al “Habla”, como sistema inmanente y estructurado pero que prescinde de problematizar la referencialidad; o tal vez, para alcanzar un genuino rendimiento de su incidencia, debemos tematizarlo sin volverlo objeto? Para esto último, habría que indagar cuáles son los procesos lingüísticos que pueden ser constitutivos y con eso evitar una abstracta caracterización del lenguaje como producto.

También es cierto, claro, que la incidencia es interesante de examinar sólo si se muestra como condición necesaria para la ontología social, por ende si no es eliminable una vez alcanzado el propósito de identificar la constitución del objeto social.

Como veremos, la primera de las teorías a examinar, la Institucional, propuesta por John Searle, intenta satisfacer este doble propósito de constitución sin eliminación. Sin embargo, al quedar limitada, a mi juicio, a una teoría del lenguaje como problema del significado no logra más que preparar el terreno para lo que una teoría de la inscripción, tal la propuesta de Maurizio Ferraris, logrará volver más efectivo.¹ No obstante, sostendré que tampoco con este último se logra una versión genuinamente constitutiva del objeto social, en su caso, por una omisión de procesos lingüísticos que son predispuestos por la escritura/inscripción pero que no se agotan en ella, por ejemplo, la lectura interpretativa, proceso imprescindible para configurarlo.

II Institución

Searle se ha dedicado a examinar el problema ontológico y epistemológico de la existencia de la realidad social, a la que describe como conjunto de hechos objetivos, los cuales, sin embargo, existen “sólo merced al acuerdo humano” (Searle, 1997, 21).² En especial le interesa caracterizar los que denomina “hechos institucionales”, aquellos que a diferencia de los hechos

* Universidad Nacional del Comahue

brutos requieren de instituciones para su existencia. Su ontología tiene en cuenta tres elementos principales: la asignación de función, la intencionalidad colectiva y las reglas constitutivas (luego agregará un cuarto para explicar el funcionamiento causal de las estructuras institucionales: el trasfondo de capacidades que los humanos tenemos para lidiar con nuestro entorno).³

La asignación de función a objetos, tanto naturales como artefactos, “nunca es intrínseca a la física de ningún fenómeno, sino que son externamente asignadas por observadores y usuarios conscientes”, según sus intereses (33). Una función agentiva especial que destaca, es la de aquellas entidades –marcas o sonidos- cuya especificidad es simbolizar, representar, valer por o, en general, significar una u otra cosa (41).

En cuanto a la intencionalidad colectiva, Searle alude con ella, en líneas generales, a nuestra capacidad no sólo de comprometernos en conductas cooperativas, sino también de compartir estados tales como creencias, deseos e intenciones. Aclara que no acepta la reducción de la intencionalidad colectiva a individual, pues sostiene que la primera es un fenómeno biológico primitivo. Independiente a esta afirmación, que a mi juicio resulta una petición de principio sin mayor justificación –ni necesidad-⁴ es interesante por razones que veremos más adelante destacar lo que describe como funcionamiento de la conciencia colectiva, pues frente a las versiones que toman como punto de partida la afirmación en primera persona del singular de un estado de conciencia para acceder a la afirmación de la primera del plural, Searle propone pasar directamente a la afirmación en cada conciencia de un nosotros como trasfondo. Así, no es la sumatoria de “yo intenciono” lo que da como resultado el “nosotros intencionamos”, sino que cada uno parte de este último. Aparece con ello entonces (aunque él no lo tematiza, seguramente por su postulado biologicista), el carácter social, trascendente, del sistema de la lengua; es decir, alude a un modelo similar al del estructuralismo lingüístico, o al menos extrae consecuencias similares a las que podrían extraerse de esa teoría, pues su interés en superar lo que podríamos denominar un solipsismo lingüístico, afirmado en la primera persona del singular, bien puede lograrse mediante el recurso a una configuración que privilegia el sistema de la Lengua como trasfondo de los estados de conciencia.

Respecto a las reglas constitutivas, como sabemos, se trata de su conocida distinción entre reglas regulativas, aquellas que regulan una actividad preexistente (“conduzca por la mano derecha”, por ejemplo) y las constitutivas, aquellas que crean la posibilidad misma de esas actividades (las reglas del ajedrez, por ejemplo). Este segundo tipo de reglas forma sistema y presenta la siguiente formulación: “X cuenta como Y en el contexto C” (46), que es de especial importancia para entender su propuesta institucional, dado que los hechos institucionales, sostiene, sólo existen dentro de sistemas de reglas constitutivas.

Aquí también adquiere un papel especial el lenguaje, dado que “en general, cuando el término X es un acto de habla, la regla constitutiva permite que el acto de habla pueda ser ejecutado como una declaración performativa que crea el estado de cosas descrito por el término Y” (70); con la salvedad de que esto ocurra en las “circunstancias adecuadas” a los fines de que la utilización de la regla sea exitosa.

Todo esto lo lleva a Searle a sostener, como es natural suponer, que el lenguaje es esencialmente constitutivo de la realidad institucional (aunque no necesariamente de toda la realidad social). Su tesis “fuerte” pasa a ser: “cada institución necesita de elementos lingüísticos de los hechos que están a cubierto de la institución misma.” (76)

Ahora bien, ¿qué propone para su caracterización de lenguaje, de modo que le permita adjudicarle ese papel constitutivo para la realidad institucional? Téngase en cuenta que, según aclara, dejará de lado en su análisis los siguientes rasgos: capacidad generativa infinita, presencia de mecanismos indicadores de fuerza ilocucionaria, cuantificadores y conectivas lógicas.⁵ Propone sólo lo siguiente: “la existencia de mecanismos simbólicos, como las palabras, que por convención significan o representan o simbolizan algo que va más allá de ellos mismos [...] y lo hacen de un modo que es públicamente comprensible.” (76)

Según nuestro autor, y siguiendo en esto una antigua caracterización, el lenguaje contiene entidades que simbolizan. En el lenguaje, a diferencia de los estados intencionales pre lingüísticos, esas capacidades intencionales no son intrínsecas a las entidades, sino que le son impuestas por o derivan de la intencionalidad intrínseca de los humanos.⁶

Así, distingue entre: - hechos independientes del lenguaje: el Everest tiene nieve, de hechos dependientes del lenguaje: “el Everest tiene nieve” es una frase del castellano; y -pensamientos dependientes del lenguaje: el pensamiento de que la oración X es una frase del castellano, de -pensamientos independientes del lenguaje: tener hambre. A su vez, para que un hecho dependa del lenguaje, una condición suficiente es que se cumplan dos requisitos: 1-las representaciones mentales, como los pensamientos, deben ser parcialmente constitutivos del hecho; 2-la representación en cuestión debe depender del lenguaje. Por su parte, de la estructura de las reglas constitutivas se infiere que los hechos institucionales cumplen el primero.

Hay un aporte interesante en todo esto, tendiente a modificar nuestra común caracterización del lenguaje, pues con su descripción propone abandonar el supuesto muy arraigado que sólo lo entiende como sistema de asignación de significado respaldado por un referente externo. En efecto, el modelo lingüístico usual supone que para toda expresión lingüística es separable la expresión –el significante- del significado que porta, de modo que una vez aislado el significado podría ser pensado en sí, proceso que solemos apoyar en la experiencia de traducción a otros idiomas. Ese modelo, sostiene Searle, nos impide reconocer que hay pensamientos que son necesariamente dependientes del lenguaje.

Para el caso de los hechos institucionales es fundamental abandonar aquél modelo tradicional, de lo contrario no se entendería qué ocurre en la asignación de función a un objeto desprovisto naturalmente de ella para que desempeñe el rol social tal o cual. Searle pareciera estar pensando, ante todo, en un nivel “cero” que consiste en el desplazamiento de “X” a “Y”, donde “X” es un objeto físico, en principio cualesquiera, desprovisto en sí mismo de función, y pasa a ser “Y” teniendo como condición que pueda ser representado como existente en tanto “Y”. A la vez, esa representación no tiene ningún elemento pre lingüístico que le permita asignar función a “X”, por lo cual deberá necesariamente consistir en una condición lingüística.

Para el caso del dinero, por ejemplo, no hay modo de pasar de la representación del color y forma de los billetes a la asignación de su valor. El sujeto debe poder asignarle un status con otros recursos, según Searle deberán ser lingüísticos, pero según un tipo de caracterización apoyado en el carácter convencional de la lingüisticidad; de ese modo, el paso adquiere los rasgos de una actividad simbolizadora.

Ahora bien, el mismo Searle admite, e intenta sortear, el problema de circularidad en toda esta descripción: el lenguaje es también una institución, advierte, cuyo funcionamiento es resultado de un sistema convencional que consiste en asignar función a un conjunto de marcas, fónicas o gráficas. En definitiva, el lenguaje tiene carácter auto identificatorio. Y el mismo puede ser extrapolado como modo de funcionamiento de todos los hechos institucionales, es decir, todo puede ser investido de carácter lingüístico, en el sentido de que lo que ocurre típicamente en el trato social institucional es que el objeto se simboliza asignándole un significado más allá de él. Sin embargo, también admite, este paso de asignación necesita de pensamientos y para pensarlos se requiere de vehículos. Para el caso, las palabras, formadas por simple convención, desempeñan más adecuadamente este papel.

El problema que encuentro en esta caracterización de lenguaje, es que con distintos grados resulta funcional a todo tipo de interacción, no sólo la social.⁷ También para tratar con objetos físicos contamos con una lingüisticidad convencional que diseña las condiciones de accesibilidad lingüística, por ejemplo, bajo la forma de proposición asertiva. Es decir, aun cuando no confundamos los objetos que existen y pueden ser pensados de modo no lingüístico, con aquellos que dependen de la lingüisticidad para su existencia, si lo que está por detrás de uno y otro a los fines de lograr su constatación es el mismo tipo de funcionamiento lingüístico no habríamos logrado dar con la especificidad de un trato para el caso de los hechos institucionales. O dicho de otro modo, no habríamos conseguido describir nada específico para ellos.

Podría objetárseme que no es así, dado que precisamente reconocimos para el caso de los hechos institucionales un funcionamiento de la lingüisticidad que le es constitutiva de su misma realidad. En un caso, se trata de palabras que valen por o están por objetos pre-lingüísticos: “perro”, “estrella”, por lo cual es obvio que su existencia no es creada vía lenguaje. En otro caso, se trata de palabras que no están por objetos extra lingüísticos: “dinero”, “Presidente” y que sí requieren de un tipo de lingüisticidad constitutiva de su entidad. Pero en uno y otro, propone el mismo Searle, una vez creadas las categorías: de posibilidad de referencia en el primer caso, de existencia en el otro, lo que conseguimos es determinar las condiciones de satisfacción de nuestro trato lingüístico: podemos referirnos exitosamente o no tanto al gato como al Presidente, por ejemplo, aunque sepamos que en el primer caso el gato existe sin lenguaje y en el segundo sepamos que Presidente es un símbolo que remite a sí mismo.

Admito que mi objeción no desmiente la distinción trazada entre ambos tipos de objetos, es más, la reconoce, pero precisamente no en favor de la ontología de los hechos institucionales. ¿En qué sentido? En que la distinción muestra que la función de simbolizar es necesaria tanto para reconocer un tipo de objeto como para otro, con la salvedad de que para unos la existencia

es pre-lingüística, y por lo tanto inmune a esta caracterización de lenguaje. Así, la “consistencia” ontológica de esos objetos pre-lingüísticos no se ve afectada por la función de simbolizar. Pero, ¿no es lo que se pretendía lograr con la distinción? Si, siempre y cuando hayamos logrado describir una ontología adecuada para los hechos institucionales. Sospecho que, por el contrario, se trata sólo de una caracterización que los vuelve evanescentes, o que puede describirlos solamente en su evanescencia, dado que el modelo de lingüisticidad que emplea no tiene anclaje en otra cosa que en un sistema de asignación de significados por convención. De allí que a los fines de darle a los hechos institucionales perdurabilidad en el tiempo se dependerá más de un sistema de creencias colectivas, o intencionalidad colectiva, que de su formación lingüística. Y esto es un problema serio en la teoría que estamos presentando, pues precisamente Searle pretende que esa intencionalidad colectiva sea constituida lingüísticamente, para evitar tanto el reduccionismo materialista -que quisiera trazar una línea de continuidad entre la marca física X y la Y bajo la cual se emplea socialmente con un determinado status-, como el reduccionismo psicologista que quisiera derivar la intencionalidad colectiva de intencionalidad individual.

Sugiero que así descripto el asunto, no parece resolverse su pretensión. Precisamente, uno de los temas que lo ocupa a Searle a continuación de ofrecer su caracterización lingüística, es mostrar cómo los hechos institucionales se mantienen a lo largo del tiempo, es decir, cómo se sostiene su existencia continuada en la temporalidad a pesar de los cambios. Para esto, sostiene, “se requiere sencillamente que los individuos directamente implicados y un número suficiente de miembros de la comunidad relevante deben seguir reconociendo y aceptando la existencia de esos hechos” (128); se requiere una aceptación continuada del status. Esto obedece a que Searle entiende que “la fórmula “X cuenta como Y” se aplica tanto a la creación como a la persistencia del fenómeno, pues la regla constitutiva es un mecanismo para creación de hechos y, en general, la existencia del hecho está constituida “por su condición de creado y aún no destruido” (130). Por si tuviéramos dudas del alcance de su posición, los ejemplos que aporta son elocuentes: “aguantar la ceremonia entera cuenta como casarse y casarse y luego no morir, divorciarse o sufrir una anulación matrimonial cuenta como estar casado” (130).

¿Es tan sencillo como esto? Searle admite que en ocasiones la complejidad de las sociedades exige representaciones oficiales, a las que denomina indicadores de status,⁸ dado que la existencia de hechos institucionales no puede ser inferida de los hechos brutos de la situación. Así, pasaportes y permisos de conducir, entre otros, son buenos ejemplos de aquellos y propone que la firma escrita es el mecanismo más común: “la firma estampada en un documento tiene una persistencia en el tiempo de la que carece la declaración performativa viva; eso es lo que le permite cumplir su papel de indicador de status” (131). Sin embargo, esta aclaración sobre el funcionamiento de las firmas, que bien le hubiese ofrecido una condición del procesamiento lingüístico adecuado para la existencia y permanencia de los hechos institucionales, dada su condición de producto inscripto y por ende estable, es admitida por el autor sólo como elemento identificador.⁹

En efecto, propone distinguir el papel del lenguaje del siguiente modo: o bien constituye al

hecho institucional (todo lo señalado antes) o bien identifica -sólo con función epistémica- lo que ya ha sido constituido, aunque una palabra o símbolo puede servir para ambos papeles. El indicador de status, la inscripción, describe sólo este papel identificador.¹⁰

III Inscripción

Al respecto, nosotros, apoyándonos en una evaluación crítica que realiza Maurizio Ferraris a esta teoría, pero de la que sólo tomamos la objeción central para orientar nuestra evaluación extrayendo otras consecuencias, diremos que el modo de existencia de los objetos sociales depende también de su haber sido inscriptos; por ende, la firma, u otros procedimientos similares, no son sólo un modo para su reconocimiento epistémico, sino su condición ontológica, tanto para quedar constituidos como para permanecer en el tiempo. La expresión de la intencionalidad colectiva queda fijada, y en ese sentido permite ser identificada y re-identificada, gracias a y según su documentación y archivo. No hay divorcio entonces entre significante y significado -y con ello deberíamos poder dejar de pensar en términos de vehiculización de contenidos previos y terminados-, pero debido a que la lingüisticidad del hecho institucional requiere de un proceso de configuración muy preciso y específico que logra concretar de modo “visible” el acto performativo; el cual de otro modo, por su sola enunciación oral, hubiese desaparecido en el mismo acto de emisión. No se trata entonces de un querer decir que se conserva por voluntad de los sucesores, vaya uno a saber mediante qué extraños procedimientos en el uso de la memoria, sino porque se regulan, objetivamente, en base a actos inscriptos que dieron existencia al hecho institucional y a cuya existencia objetiva se remiten los actores sociales (para volver sobre el ejemplo: no sólo el matrimonio, sino que el divorcio, su eventual anulación e incluso la viudez son actos inscribibles que quedan registrados en instituciones; los tres últimos, a su vez, sólo pueden cobrar existencia por remisión al primero).

Para volver a Ferraris, sostiene en líneas generales que los objetos sociales existen sólo si se da un acto, aunque tácito, que vincule al menos dos personas y si subsiste una inscripción, que comporta una cantidad, aunque mínima, de moléculas, la cual puede variar sin alterar la naturaleza del objeto (Ferraris, 2005, 184). Así, los objetos sociales, que aun cuando dependen de los sujetos no son subjetivos, se componen de actos, objetos, inscripciones.

Entiende a los actos como deliberaciones que conciernen al menos a dos personas y que presuponen, al menos fenoménicamente, intenciones. Los actos producen objetos, que son *tokens* de *types* presupuestos en el acto. Por su parte, cada uno de estos objetos requiere como condición necesaria un registro idiomático. Este es un fenómeno que pertenece a una esfera de creciente especificidad social, con cuatro elementos: huellas (para el mundo), registros (concerniente a la mente), inscripciones (relativas a la sociedad), idiomas o firmas (respecto al individuo). Por idioma entiende “el modo específico de presentación de una inscripción, el modo que la pone en comunicación con un individuo.” (303)

Cabe destacar que Ferraris logra ofrecernos una descripción adecuada y positiva de los objetos sociales, pues logra delimitarlos con eficacia de los objetos ideales y de los objetos físicos:

-objetos físicos: existen en el espacio y el tiempo;

-objetos ideales: existen fuera del espacio y el tiempo;

-objetos sociales: a) no tienen ser independiente del hecho de que alguien crea que existan (a diferencias de los físicos), aunque no son arbitrarios; b) están dotados de un inicio en el espacio y en el tiempo (a diferencia de los ideales), aunque una vez constituidos no dependen de mi voluntad; c) necesitan un soporte físico que sin embargo no es dominante; d) es una inscripción: en el papel, en la memoria magnética, en la cabeza de una persona; e) no existen como tales en el espacio, pero subsisten como huellas (inscripciones, registros en la mente de las personas) y por esta vía adquieren una duración en el tiempo; f) dependen para su existencia de sujetos que los conozcan o al menos sepan usarlos y que, en algunos casos, los han constituido; g) para ellos la construcción es necesaria, por lo cual dependen de actos sociales, cuya inscripción constituye el objeto.

A la vez, propone una noción específica de inscripción, pues no la análoga simplemente a escritura en general. La inscripción es archiescritura, registro; en el caso de los objetos sociales esto permite el archivo, la capitalización, la idealización, es decir, la constitución misma de los objetos sociales.¹¹

Así, logra reemplazar adecuadamente la fórmula de Searle: “X cuenta como Y en un contexto C”, por “C constituye X como Y, donde C ya no es sólo un contexto sino una inscripción.

IV Interpretación

Ahora bien, ¿qué queremos decir o qué hemos logrado describir hasta ahora con la constitución de los objetos sociales (con Ferraris) o de los hechos sociales (según Searle)?¹² ¿Sólo reparar en la supuesta génesis como momento inaugural *in illo tempore* cuando se trata de un hecho de larga data? O en el mejor de los casos, si estamos en condiciones de datar ese momento, ¿identificarlo como tal? En cualquiera de los dos casos, la inscripción por sí sola, o la presuposición de una regla constitutiva por sí sola, no son suficientes. Para la segunda, nos preguntaríamos qué constancia de ella tenemos, pues como acto ya no existe en tanto desaparece al momento mismo de su emisión, y para la primera, qué acto estuvo por detrás, constancia de cuál regla es la marca que nos queda. Si la segunda es un presupuesto lingüístico de trasfondo que muestra condiciones para la constitución del hecho institucional, pero sin anclaje real, asumido ya que el objeto físico sobre el que recae la asignación de función no es más que una ocasión para reconocer su existencia sin formar parte de su constitución, la primera intenta ofrecernos ese anclaje, pero sin examinar las condiciones efectivas que nos permitirían identificar a qué acto remite esa inscripción.

Sostengo entonces que ambas revelan una tensión productiva que bien puede ser examinada con provecho desde una teoría interpretativa de los hechos institucionales. Por tal, entiendo una teoría de la recepción que no puede sustraerse de la producción de los objetos sociales; tomados ambos como procesos de configuración. Si fuera por señalar rápidamente en qué sentido son deficitarias las dos teorías examinadas, es ante todo por lo primero, es

decir, no tematizan la recepción como algo que también forma parte de la constitución. No basta con presuponer una actividad lingüística performativa específica, ni tampoco alcanza con sostener que debe estar inscrita, para saber cómo arreglárnoslas con los objetos sociales, pues a menos que nos engañemos en que con ello han quedado establecidas configuraciones unívocas, deberemos participar activamente proponiendo conjeturas interpretativas para entenderlas. Aún si no me preguntara cómo se los crea, ya admitido según lo examinado que el hecho institucional requiere de lenguaje, debo entender que para su tratamiento receptivo el proceso será inferencial abductivo y por ser inscripto, que el trabajo es analogable al del lector de textos.

Respecto a lo primero, las teorías de la recepción nos enseñan que la relación del caso con sus principios interpretativos no puede ser descripta bajo modelos nomológico deductivos, cuya pretensión sería la de subsumirlo en la ley explicativa; tampoco, claro, hay modo de esclarecerlo por vías inductivas. Se requiere entonces de un trato conjetural, cuyo procesamiento impacta tanto en la mejor descripción del caso como en la reformulación de la hipótesis inicial; en un ajuste permanente y siempre disponible a nuevas revisiones. Respecto a lo segundo, el modelo de lector de textos, es interesante advertir que Ferraris, aun cuando propone un concepto muy abierto de inscripción, sostiene que ante la dificultad de asir la intencionalidad colectiva bien puede despejarse el misterio descubriendo que “está depositada en los textos” (2005, 262), lo cual no significa reducir todo el planteo a textualidad de la acción, pero sí al menos proponerlo, en el sentido de Paul Ricoeur, como modelo para la acción.¹³

Por otra parte, si nos preguntamos cómo se crean los hechos/objetos sociales, al modo en que lo han hecho Searle y Ferraris, desde una teoría de la interpretación advertiríamos que la configuración disponible para su recepción, como texto, asume de entrada la ausencia positiva de todos aquellos rasgos que suelen ilusionarnos con la posesión del sentido unívoco: no hay remisión a un auditorio original, ni autor, ni situación compartida. Pero no porque ante el texto deba resignarme a su equivocidad, pues es precisamente a instancias de su singularidad autónoma e inscripta que se me resiste y opone; entonces debe ser interpretado.¹⁴ Como configuración única es una respuesta posible, en tanto realización performativa inscrita, por lo cual no remite a la anterioridad de un mundo vital inefable (lo que ocurriría bajo el presupuesto de captar alguno/s de los tres rasgos citados), sino a un mundo de la vida ya interpretado, es decir, disponible al sentido.¹⁵ El texto es una configuración singular, que tiene como su anterioridad una prefiguración sociocultural de la que surge y como su posterioridad a un receptor que en su lectura se refigura, transforma y modifica su posición inicial; así, la interpretación es una actividad lingüística constitutiva que transcurre por todas las etapas del hecho institucional: la pre-figuración, la configuración y la re-figuración.¹⁶

Para finalizar, el hecho social instituido está ontológicamente disponible no sólo como resultado de una función de status declarativa, ni tampoco por haber sido inscripto el presunto acto ilocutivo que le creó, sino que como configuración lingüística necesita su re-figuración, por lo cual es también en el acto del receptor que lo interpreta como se logra constituir el acontecimiento de sentido que le da existencia.

Searle intenta asir conceptualmente el poder deóntico de la semántica, pero lo confina a una relación no bien explicada a mi juicio entre las reglas constitutivas que norman el funcionamiento del lenguaje -y con ello obligan a sus usuarios- y una intencionalidad colectiva que se vale de ese poder para constituir hechos institucionales entre seres humanos.¹⁷ No lo logra, entre otras cuestiones, por omitir lo que Ferraris incorpora: el procesamiento de la inscripción como condición ontológica para “encarnar” la configuración lingüística. Sin embargo, de la mano de Ricoeur, sugerimos que la lingüisticidad incide en la constitución de lo social siempre y cuando sea descripta como proceso de configuración interpretativa, pues eso muestra de modo efectivo el compromiso del receptor que entra en relación – inestable, provisoria, conjetural- con el mundo de la vida ya configurado. Así, los procesos de interpretación, lingüísticamente realizados, atraviesan como mediaciones sujetas a revisión todos los momentos de la constitución del hecho social.

Notas

1. La incorporación del enfoque de Searle a las teorías del lenguaje como problemas del significado, puede explicarse en sí mismo y por contraste con otras. En sí mismo, porque se la reconoce como una de las versiones de la Filosofía del lenguaje de corte analítico, en su caso, la del lenguaje ordinario, opuesta a la versión logicista. Ambas se preocupan por determinar qué les da significado a las expresiones lingüísticas, pero a expensas de abstraerlo de su relación con el significante o modo de expresión. Esto ha llevado, a mi juicio, a que las disputas se volvieran “topológicas”, es decir, se discute dónde ocurre o transcurre el significado: si acaso en la referencia extralingüística, o en el sistema de ideas, o en el comportamiento observable en el receptor, o en el conjunto de reglas que gobiernan la fuerza ilocutiva del emisor. La teoría de los actos de habla de Austin-Searle, específicamente, se apoya en la noción de significado literal para presentar la diferencia entre actos locutivo y perlocutivo, por lo cual uno de los inconvenientes que presenta es, precisamente, cómo dar cuenta de los usos indirectos. En relación con la explicación por contraste con otras teorías lingüísticas, un buen ejemplo es la Semiología. A partir de la obra de De Saussure se destaca tanto el componente del significado como el del significante, el concepto y la imagen acústica -en una descripción preliminar- el contenido y la forma. La noción de signo lingüístico obligará a pensar en términos de disposición de elementos, de secuencias lineales y de organización material. De allí que forma del significado y forma del significante dependerán mutuamente, como las dos caras de una misma hoja que cortáramos por alguna parte, no como la relación entre una corporalidad material presente, la del significante, que estuviera en lugar de una realidad etérea ausente, la del significado. Nos encontramos con una descripción que nos exige reconocer cuánto del lenguaje depende de su conformación en sistema, que el querer decir es deudor de un poder decir que nos excede y nos precede porque obedece a la constitución autónoma de la lengua. No obstante, bajo la condición de subsumir el lenguaje en la lengua y a la vez hacer de ésta deudora de un sistema de signos. Así, ya en contraste con las dos teorías, sostengo que una descripción del lenguaje superadora de ambas debería reparar en los procesos no sólo en el producto. El diálogo, para el intercambio oral, la lectura, para el escrito, son modalidades específicamente lingüísticas de la comprensión que tematizan al lenguaje sin volverlo objeto. Para un mayor desarrollo, ver Gende, 2009.

2. Si bien mi examen se concentra en *La construcción del mundo social*, tengo en cuenta también los aportes que realizó en su libro del 2010, aunque considero que lo central de su planteo sobre el lenguaje no alcanza mayores consecuencias que en aquél.

3. Cfr. Searle, 1997, 32.

4. Es cierto que a los fines de la posición global de Searle es importante esa afirmación, pues con ella reafirma el postulado de un único mundo, lo cual impide ontológicamente parcelarlo en entidades físicas, mentales, sociales, etc. (cfr. Searle, 2010, 4). Sin embargo, sostengo que un planteo lingüístico debería prescindir de ella a la hora de discutir la derivación de la intencionalidad colectiva respecto a la intencionalidad individual, dado que para eso basta con reconocer el funcionamiento del sistema de la Lengua.

5. En su obra posterior, al contrario, dedica un apartado a examinar otros rasgos específicos del lenguaje: “discreteness”, “composocionality”, “generativity”. Sin embargo, es a los fines de detallar rasgos de la lingüisticidad que no aparecerían en una conciencia desprovista de ella y que evoluciona hacia la adquisición del lenguaje; es decir, el interés es sólo comparativo. Cfr. Searle, 2010, cap. 4: “Language as Biological and Social”.

6. Cfr. Searle, 1997, 76.

7. Considero que este problema no es resuelto en su obra posterior, incluso diría que se exagera, pues allí pretende describir un funcionamiento “deóntico” del lenguaje que asume de lleno su capacidad creadora de hechos institucionales no lingüísticos. Es decir, hechos que dependen de la lingüisticidad pero que obviamente la exceden: la realización del matrimonio, por ejemplo. “Estamos investigando una rama de la semántica extra semántica” (2010, 114). El caso es que el poder deóntico, si bien depende de la fuerza ilocucionaria de la declaración, requiere, por ejemplo, de un emisor que reúna los requisitos legales para instaurar el hecho. Y esos requisitos, también convencionales, aunque son extra semánticos, son creados por declaraciones lingüísticas anteriores.

8. Cfr. Searle, 1997, 130.

9. En su obra posterior vuelve sobre el alcance de la escritura, pero para llegar a conclusiones similares. Ver 2010, p. 115 “What is the especial role of writing?”.

10. Cfr. Searle, 1997, 131.

11. Cfr. Ferraris, 2005, 183. Cabe señalar que tanto Ferraris como Searle (en 2010) citan la obra de Hernando de Soto, *The Mystery of Capitalism: Why Capitalism Triumphs in the West and Fails Everywhere Else*, New York, Basic Books, 2003, quien, entre otros asuntos, muestra la eficacia del sistema de escrituras para el desarrollo del capital.

12. Ferraris nunca aclara el reemplazo en su terminología (“objeto” por “hecho”), a la vez Searle defiende una ontología sin partición, lo cual permitiría suponer que rechaza la clasificación. ¿Deja esto sin efecto el examen que emprende el primero e incluso pierde sentido mi evaluación de ambos? Sugiero que no, pues la discusión recae sobre los rasgos del lenguaje que inciden en la constitución de lo social, llámense objetos o hechos.

13. Cfr. Ricoeur, 1986.

14. Cfr. Gende, 2010, donde exploro estas consecuencias para evitar los extremos del univocismo y del equivocismo.

15. Cfr. Ricoeur, 1986; en especial el tercer tomo, para el proceso de interpretación como refiguración.
16. Cfr. Ricoeur, 1986, en que describe el proceso de triple mimesis. Cfr. Gende, 2007, para un desarrollo pormenorizado de estos procesos de configuración lingüística que pueden extraerse de una teoría de la interpretación de textos. También para advertir la relación con lo que Ricoeur presenta como triple “arco hermenéutico”, de comprensión, explicación y apropiación.
17. Searle insiste especialmente en lo que considera un hallazgo de su descripción: el poder deóntico de la semántica, que consiste en comprometer al hablante en la asunción de reglas lingüísticas por el sólo hecho de hablar. Incluso objeta con ello las versiones de Bernard Williams, Paul Grice y David Lewis, quienes habrían buscado ese poder en algo externo al lenguaje, separando así el tipo de obligaciones que nos comprometen a aseverar con verdad. Cabe consignar que ya en 1964 William Alston, en su *Philosophy of Language*, había dedicado todo un capítulo del libro a detallar con precisión el funcionamiento de estas reglas compelerentes internas al lenguaje. Cfr. Alston, cap. 2: “el significado y el uso del lenguaje”.

Bibliografía

- GENDE, C. E., *Lenguaje e interpretación en Paul Ricoeur. Su teoría del texto como crítica a los reduccionismos de Umberto Eco y Jacques Derrida*, Buenos Aires, Prometeo, 2005.
- GENDE, C. E., “Sobre la universalidad de la interpretación”, *Revista En-claves del pensamiento*, Universidad Tecnológico de Monterrey, México, Vol. VI, 2009. ISSN 1870-879X. Págs. 11 a 23.
- GENDE, C. E., “El lenguaje de la interpretación: entre la identidad y la diferencia”, en Labastida, J. y Aréchiga, V. (coords.), *Identidad y diferencia, vol. I: La política y la cultura, cap. 1: Identidades*, México, Siglo XXI y AFM, 2010.
- FERRARIS, M., ¿Dónde estás? Ontología del teléfono móvil, Barcelona, Marbor, 2008.
- RICOEUR, P., “Le modèle du texte: l'action sensée considérée comme un texte”, en *Du texte à l'action. Essais d'herméneutique II*, París, Seuil, col. points, 1986.
- RICOEUR, P., *Temps et Recit*, París, Seuil, col. points, tres tomos, 1986.
- SEARLE, J., *La construcción de la realidad social*, Buenos Aires, Paidós, 1997.
- SEARLE, J., *Making the Social World. The Structure of Human Civilization*, New York, Oxford University Press, 2010.

Una propuesta de interpretación historiográfica de la matemática en el Antiguo Egipto

Héctor Horacio Gerván*

La Matemática, en tanto producto social y cultural, no es un ente ahistórico y perenne, sino que está sujeto a los desarrollos y vicisitudes de las diferentes comunidades humanas que les dieron origen. El abordaje de su historia, en tanto manifestación del *pasado*, supone siempre una intensa labor de interpretación por parte de los historiadores. Pero, ¿a qué nos referimos cuando decimos 'pasado'? Para responder este interrogante, partiremos de las consideraciones centrales de la Escuela Francesa de *Annales* (1929-1984): la sustitución de la narración de acontecimientos, principalmente políticos, por un estudio analítico centrado en un problema y el hecho de que toda la amplia gama de acciones humanas son susceptibles de convertirse en objeto de los estudios históricos (Burke, 1996: 11). De este modo, los diferentes sistemas culturales han recibido la atención de los historiadores, principalmente desde la década de 1970, en la corriente historiográfica que se ha dado en llamar *Historia Cultural*, haciendo especial énfasis en las aportaciones de la antropología e incluso de la semiótica. De sus más loables aportaciones, destacaremos la necesidad, partiendo del presupuesto de que ninguna cultura está aislada, de un riguroso 'encuentro' entre diferentes culturas. En palabras de Peter Burke, uno de los más importantes representantes de esta corriente: "Cada grupo se define en contraste con los demás, pero crea su propio estilo cultural (...) apropiándose de formas de un fondo común y reuniéndolas en un sistema con un nuevo significado" (Burke, 2000: 257). Este 'encuentro' de culturas se produce desde dos perspectivas: en primera instancia, entre los diferentes sistemas culturales que son objeto del análisis historiográfico y, en segundo lugar, entre esos sistemas con aquel en el cual el historiador está imbuido. Ambas cuestiones deben ser tenidas en cuenta a la hora de estudiar cualquier manifestación cultural, entre ellas la *práctica matemática* y los vestigios escritos que nos han quedado.

Centrándonos específicamente en los conocimientos matemáticos del Antiguo Egipto que han llegado hasta nosotros en el denominado Papiro Matemático de Rhind, será nuestro objetivo proponer una interpretación historiográfica de los mismos, centrada en los postulados teóricos de la Historia Cultural y que contemple las herramientas metodológicas de la Egiptología, como es el caso de la consideración y análisis del Papiro Rhind como documento histórico, lo que implica situar el texto en el contexto, esto es, no dejar de lado las condiciones sociohistóricas y culturales desde las cuales fue escrito.

La justificación de la elección de esta temática radica en que es común encontrar en muchos trabajos, en lo que respecta a la antigüedad no griega (helénica o helenística), una simple y breve referencia al desarrollo de los conocimientos matemáticos de, por ejemplo, el Cercano Oriente

* Universidad Nacional de Córdoba. hectorg.horacio@gmail.com

(Egipto y Mesopotamia). Más aún, sus estudios, descubrimientos y logros han sido generalmente tomados como meros garabatos de infantes que apenas han aprendido a escribir¹. Si bien la norma general, en décadas recientes, ha sido la de revertir esta situación², es aún notable la ausencia de trabajos acerca de las reflexiones sobre las bases de la interpretación historiográfica.

Siguiendo con el objetivo que nos hemos propuesto en esta ocasión, nuestra investigación girará en torno a un tipo particular de problemas presentes en el Papiro Rhind³, a saber, la multiplicación de números naturales. La traducción del texto original y su posterior análisis será nuestra principal herramienta metodológica.

Una propuesta historiográfica: la etnomatemática

Los primeros trabajos historiográficos de reconstrucción e interpretación de las manifestaciones matemáticas en Egipto surgieron a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, siendo pioneros, entre otros, Eric Peet⁴ y Otto Neugebauer⁵, entre otros. Procedentes, en su mayoría, del mundo académico de habla anglosajona, en la segunda mitad del siglo XIX y primeros años del siglo XX se multiplicaron las obras referentes a este tema, haciendo su aparición en revistas científicas tales como *The Journal of Egyptian Archaeology (JEA)*⁶ e *Historia Mathematica (HM)*⁷. El carácter peculiar de la mayoría de las obras sobre *matemática egipcia*⁸ es que han sido escritas principalmente por matemáticos, sin formación específica en Egiptología⁹, lo cual ha llevado muchas veces, a pesar de las excepciones, a la amplia difusión de una mirada *etic*. Sin embargo, también ha habido egiptólogos que escribieron sobre los conocimientos matemáticos egipcios¹⁰, pero que a falta de formación matemática no pudieron avanzar en el nivel de profundización matemática, aunque ha habido excepciones, tales como las de E. Peet, G. Robins y R. Gillings.

De lo anteriormente dicho, es que surge la necesidad de una reinterpretación, de la matemática en el país del Nilo, que adopte una mirada *emic* sobre ellos, estudiándolos a partir de su contextualización histórica, económica, social y cultural, en definitiva, integrando lo que, en el área de la Historia de la Ciencia, se ha dado en llamar *historia interna* (intramatemática) e *historia externa* (extramatemática)¹¹. Más aún, lo que estamos proponiendo es, siguiendo las categorías analíticas de G. Boido y E. Flichman, una postura historiográfica *no presentista antirrelativista* (o *anti-antiwhig*), en la que: “El historiador trata de internarse en el pasado sin perder su contemporaneidad. Descubre ciertas tradiciones y conceptualizaciones que quizás no estaban explícitas en los agentes históricos, y las pone en evidencia” (Boido & Flichman, 2003: 42).

Continuando con lo ya expuesto, creemos que es necesario adoptar una mirada que no disocie el par matemática/cultura, que desde la antropología cultural reconozca la diversidad de las prácticas matemáticas; tal mirada y postura historiográfica es la que, desde el campo de la Educación Matemática, ha recibido el nombre de Etnomatemática. La *Etnomatemática*, término acuñado en los años '70 por Ubiratan D'Ambrosio¹², describe y analiza las prácticas matemáticas de grupos que fueran culturalmente identificables, ya sean éstos contemporáneos o pretéritos¹³. Ahora bien, si se toma como grupo cultural a alguna sociedad del pasado, incluso del pasado reciente, se vuelve inevitable preguntarnos acerca de la posible relación entre la

Etnomatemática y la Historia de la Matemática: ¿ambos campos se fusionan?, ¿comparten los mismos objetivos? Bill Barton escribió al respecto unas cuantas líneas, las cuales son dignas de reproducir por lo que, consideramos, su postura discutible:

“(…) [L]a etnomatemática se parece más a la historia de la matemática que a la matemática. Una historia de la matemática contiene una gran cantidad de matemática, pero se refiere sobre todo acerca de cómo las ideas se originaron y desarrollaron dentro de la matemática, no sobre las propias ideas. La historia de la matemática y la etnomatemática se superponen. Sin embargo, la etnomatemática trata de descubrir cómo estas ideas se consideraban en ese momento, y presenta a las actividades matemáticas culturales como derivadas de las del pasado; la historia de la matemática trata de descubrir cómo estas ideas se desarrollaron, y cómo han evolucionado hasta convertirse en Matemática.” (Barton, 1996: 215-216)¹⁴.

Básicamente, este autor sostiene una visión evolucionista de la historia de la matemática, visión totalmente descartada dentro de la ciencia histórica propiamente dicha y más aún dentro de las nuevas corrientes de Historia Cultural. Pensar que todos o al menos gran parte de los conocimientos matemáticos ‘evolucionaron’ hasta plasmarse dentro del *corpus* matemático actual es sostener una visión reduccionista y descontextualizada de los mismos, propiciando una mirada *etic* a la que nos oponemos.

Según dijimos, consideramos a la Matemática como una actividad inherentemente humana, delimitada por los marcos de sentido de toda comunidad. La práctica matemática misma adquiere relevancia y especificidad dentro de dichos marcos, produciéndose así diferentes objetivaciones culturales que constituyen su producto. Las producciones matemáticas están inmersas en una temporalidad y en una tipicidad ligada a ella, lo que implica que cada una se exteriorice a través de diferentes representaciones. Tales objetivaciones sólo adquieren sentido *per se* si las situamos en el contexto del cual emergieron. Transponerlos en otro contexto lo que hace es vaciarlos de ese sentido original, pudiendo llegar a ser caracterizados como rudimentarios, deficientes o diferentes en un sentido peyorativo. De este modo, la Historia de la Matemática no sólo se ocupa del desarrollo de las ideas matemáticas, sino que también trata —o *debería* hacerlo— de las ideas mismas, situadas, descritas y analizadas en el momento histórico de origen, puesto que están estrechamente ligadas a otras ideas tales como las creencias, las costumbres o incluso el lenguaje del sistema cultural al cual pertenecen. Por lo tanto, si tomamos principalmente como objeto de estudio un grupo cultural pretérito, la Etnomatemática y la Historia de la Matemática no sólo se superponen, sino que podríamos aventurarnos a decir que se *intersecan*, puesto que sus preocupaciones se vuelven análogas al propiciar una mirada antropológica *emic* que deje atrás las corrientes evolucionistas y reduccionistas.

Por tanto, al no disociar el par matemática/cultura, la Etnomatemática, en tanto programa de investigación según D’Ambrosio, se vuelve un terreno fértil en el cual las pesquisas en Historia de la Matemática pueden encontrar seguro asidero. Esto es así siempre y cuando el investigador en Historia de la Matemática no tenga por objeto hacer un simple trabajo

descriptivo, vacío y carente de problematización histórica, sino que dicha problematización sea precisamente el centro de su preocupación.

Así, acordamos con Paulus Gerdes en que:

“La Etnomatemática y la historiografía de la matemática muestran, en conjunto, cómo los pueblos descubrieron ideas matemáticas a partir de sus actividades prácticas. En circunstancias en cierta medida similares, ideas similares podían haber sido descubiertas y/o utilizadas. *La etnomatemática* [sic] muestra que existe una gran variación en los métodos inventados en varias partes del mundo para resolver ciertos problemas de índole matemática.” (Gerdes, 2007: 156-157).

Así, siguiendo la postura historiográfica *emic* y no presentista antirrelativista que hemos propuesto, para el análisis de un caso de problemas que desarrollaremos en la próxima Sección, al momento de referirnos al conjunto de conocimientos matemáticos del Antiguo Egipto, *no* nos referiremos a él con la difundida expresión ‘matemática egipcia’, sino que emplearemos la caracterización de *etnomatemática egipcia*.

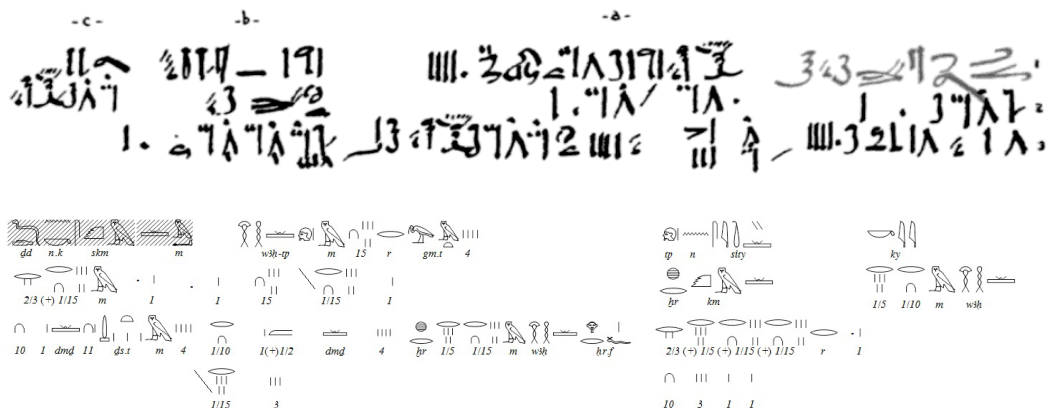
Operaciones con números naturales y los “auxiliares rojos”

Las operaciones aritméticas jugaban un papel primordial en el desarrollo de los conocimientos matemáticos egipcios; de ellas, la adición (y sustracción) era la más importante, puesto que tanto la multiplicación y la división (como así también la resta de fracciones) se basaban en ella. No menos importante aún es el hecho de la capacidad para multiplicar y dividir por 2, a la que se restringía cualquier operación que se deseara resolver¹⁵.

1	n	El método más simple y usual de multiplicación entre números naturales, al que llamaremos <i>método directo</i> , consiste en resolver $m \cdot n$.
2	$n_1 = 2n$	Para ello, los amanuenses escribían una tabla de 2 columnas por p filas ¹⁶ , donde cada fila se obtiene por duplicación de la anterior, o bien, en caso de ser necesario, por el producto de la primera por una fracción unitaria. En la fila inicial escribían 1 y n , el segundo número a multiplicar. La tabla continuaba hasta que el siguiente valor de la
4	$n_2 = 2n_1$	primera columna sea mayor que m , es decir hasta que $2(j + 1) > m$. Una
8	$n_3 = 2n_2$	vez concluida ésta, se descomponía a m como suma de ciertos números de la primera columna, los que eran indicados con un trazo diagonal \backslash . Por tanto, el resultado de $m \cdot n$ era la suma de los valores de la segunda columna que estaban en la misma fila que aquellos que sumados daban m .
⋮	⋮	
2j	$n_j = 2n_{j-1}$	

Ahora bien, dentro de lo que hemos dado en llamar *problemas intramatemáticos*, encontramos aquellos que Richard J. Gillings ha denominado *problemas de completión* (o más bien, *de completitud*)¹⁷ (RMP 21-23), que, básicamente, consisten en completar cierta cantidad hasta llegar (o alcanzar) a otra dada. De ellos, los problemas 21 y 22 tienen una estructura similar, puesto que consisten en completar $\frac{2}{3} + \frac{1}{a}$ hasta llegar a 1, o equivalentemente, en ellos

se pide implícitamente resolver la resta $1 - \left(\frac{2}{3} + \frac{1}{15}\right)$. Por ello, nos centraremos únicamente en RMP 21, cuya transcripción en jeroglíficos y transliteración se muestran a continuación¹⁹:



Damos, de este modo, la siguiente traducción:

“Si te dicen: completar²⁰ $\frac{2}{3} + \frac{1}{15}$ hasta [llegar a] 1.

[Aplicado a 15, sus $\frac{2}{3}$ partes es] 10 [y sus $\frac{1}{15}$ partes es] 1. El total es 11 y el resto es 4.

Hay que multiplicar 15 a fin de encontrar [i.e., obtener] 4. [A continuación, se muestra la tabla del método directo de multiplicación:]

1	15
$\frac{1}{10}$	$1 + \frac{1}{2}$
$\backslash \frac{1}{5}$	3
$\backslash \frac{1}{15}$	1
Total:	4

Por lo tanto, $\frac{1}{3}$ y $\frac{1}{15}$ es lo que se ha añadido a él [i.e., al número dado].

Ejemplo de prueba (*tp n stpy*).

Por lo tanto, $\frac{2}{3} + \frac{1}{5} + \frac{1}{15} + \frac{1}{15}$ completa a [i.e., da como resultado] 1. Para [cuando se

aplica a 15, estas fracciones son iguales a los números] 10, 3, 1, 1 [que hacen 15].”²¹

Analicemos, ahora, el modo de resolución de este problema, discriminando los siguientes pasos:

Paso 1: Cuando escribe “Hay que multiplicar 15...”, el escriba Ahmosis introduce, antes que nada, una nueva cantidad numérica, el 15, que es denominado genéricamente por los primeros historiadores de la etnomatemática egipcia como *auxiliar rojo*, en virtud del color de la tinta empleada para trazarlo²². Notemos que este nuevo número corresponde al mínimo común múltiplo entre 3 y 15.

Paso 2: Una vez elegido el auxiliar rojo, Ahmosis resuelve lo siguiente: $\frac{2}{3}$ partes de 15 es 10, pues: $\frac{2}{3} \cdot 15 = 10$; $\frac{1}{15}$ partes de 15 es 1, pues: $\frac{1}{15} \cdot 15 = 1$. Entonces, tenemos que: $\frac{2}{3} \cdot 15 + \frac{1}{15} \cdot 15 = 15 \cdot \left(\frac{2}{3} + \frac{1}{15}\right) = 10 + 1 = 11$. Pero 15, el auxiliar rojo, supera a 11 en 4 unidades, esto es, $15 - 11 = 4$. Por ambos resultados obtenidos en este paso, es que Ahmosis ha escrito “El total es 11 y el resto es 4”.

Paso 3: Llegado a este punto, el escriba procede a calcular ahora el total de partes de 15 que da un total de 4, es decir, en lenguaje matemático actual, debe encontrar el número racional x tal que $15 \cdot x = 4$. Por ello es que procede a multiplicar por la tabla del método directo, poniendo en la primera fila 1 y 15; como, en la segunda columna, necesita que aparezcan las cantidades 3 y 1 (porque ambas sumadas dan 4), es que apreciamos en la primera las fracciones $\frac{1}{5}$ y $\frac{1}{15}$. Así, si marcamos con la diagonal \ las filas donde aparecen estos racionales, llegamos a que $15 \cdot \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{15}\right) = 3 + 1 = 4$. De este modo, la cantidad deseada es $x = \frac{1}{5} + \frac{1}{15}$.

Paso 4: El número x hallado en el paso anterior es el resultado del problema, pues: $\frac{2}{3} + \frac{1}{15} + x = \frac{2}{3} + \frac{1}{15} + \frac{1}{5} + \frac{1}{15} = 1$.

Una vez analizado *RMP* 21, describamos ahora los pasos anteriores en términos generales, esto es, teniendo en cuenta la resolución de la resta $1 - \left(\frac{2}{3} + \frac{1}{a}\right)$ común a los problemas 21 y 22:

Paso 1: El mínimo común entre 3 y a es $3a$.

Paso 2: Notemos que $\frac{2}{3}$ partes de $3a$ es $2a$, pues $\frac{2}{3} \cdot 3a = 2a$, y que $\frac{1}{a}$ partes de $3a$ es 3, pues $\frac{1}{a} \cdot 3a = 3$. Ahora bien, como $3a > 2a + 3$, entonces $3a - (2a + 3) = a - 3$.

Paso 3: Hay que calcular, aquí, la cantidad de partes de $3a$ que da un total de $a - 3$, es decir, hay que hallar el número x tal que: $3a \cdot x = a - 3$, con lo cual $x = \frac{a}{3a} - \frac{3}{3a} = \frac{1}{3} - \frac{1}{a}$.

Paso 4: Este resultado para x es el resultado del problema general, porque:

$$\frac{2}{3} + \frac{1}{a} + x = \frac{2}{3} + \frac{1}{a} + \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{a}\right) = \frac{2}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{a} - \frac{1}{a} = \frac{3}{3} = 1$$

Continuando con la generalidad aquí propuesta, veamos cómo resolvemos actualmente el problema, consistiendo el procedimiento, básicamente, en la búsqueda de fracciones equivalentes de igual denominador, mediante la obtención de un denominador común por el mínimo común múltiplo de los denominadores 3 y a :

$$\begin{aligned}
1 - \left(\frac{2}{3} + \frac{1}{a} \right) &= 1 - \frac{2a+3}{3a} \\
&= \frac{3a}{3a} - \frac{2a+3}{3a} \\
&= \frac{3a-2a-3}{3a} \\
&= \frac{a-3}{3a} \\
&= \frac{a}{3a} - \frac{3}{3a} \\
&= \frac{1}{3} - \frac{1}{a}
\end{aligned}$$

Si el con el actual, podemos observar que ambos tienen en común la obtención del mínimo común múltiplo $3a$, del auxiliar rojo y la resolución de la resta $3a - (2a + 3) = a - 3$. Estos son los pasos esenciales por los que un amanuense antiguo llegaría al resultado $\frac{1}{3} - \frac{1}{a}$, que es, en definitiva, el resultado de la división $\frac{a-3}{3a}$, claramente visible en el procedimiento actual.

¿Analogía o equivalencia entre los métodos egipcio y actual?

Dadas las similitudes de fondo entre el procedimiento de resolución dado por Ahmosis y el que nosotros ejecutaríamos, cabe preguntarnos si ambos son o no equivalentes. En primera instancia, debemos tener muy en cuenta la concepción ontológica del concepto de fracción que ambos involucran. Mientras que en nuestra tradición matemática actual, una fracción no es más que el cociente entre dos números enteros²³, para los amanuenses egipcios era el resultado de dividir un entero en partes menores²⁴. Esto implica que su uso tuviera amplia difusión dentro de un *contexto de reparto*²⁵, en el que, de acuerdo a como se realizaban los mismos, las *únicas* fracciones que cobraban sentido eran las *unitarias*²⁶, es decir aquellas cuyo numerador es igual a la unidad, que eran, por defecto, las únicas ampliamente utilizadas en el país de los faraones, salvo la excepción del $\frac{2}{3}$ y la aparición más tardía del $\frac{3}{4}$ ²⁷.

Ahora bien, para nosotros, el hecho de buscar un denominador común implica la necesidad de obtener fracciones equivalentes. Pero, ¿tendrá sentido hablar de esta búsqueda, en estos términos, en la resolución realizada por Ahmosis? Sostenemos aquí que *no*, puesto que la elección del auxiliar rojo implicaba, según la concepción de las operaciones por los escribas, y de acuerdo a los pasos resolutivos que hemos identificado, la transformación de la resta inicial en una multiplicación (o división), para poder hallar así el resultado final mediante la elaboración de las tablas del método directo y el empleo, como referencia, de los desdoblamientos contenidos en la Tabla del Recto a la que hemos aludido *ut supra*. Más aún, el

auxiliar rojo, que en *RMP* 21 hemos visto que era un mínimo común múltiplo, no siempre se escogía de esta manera, puesto que lo que más importaba era la transformación de los cálculos en otros más fáciles de operar con las técnicas y herramientas aritméticas de que se disponía (Joseph, 1999: 114). En cambio, para la resolución por fracciones equivalentes, la noción de mínimo común múltiplo es necesaria e indisoluble²⁸.

Concluimos, en resumen, que los métodos egipcios y actual no son equivalentes, sino *análogos*, puesto que si bien los pasos se asemejan mucho, la necesidad de búsqueda de fracciones equivalentes en éste son reemplazadas, en aquel, por la de agilizar cálculos, lo que nos permite afirmar, al igual que G. G. Joseph, que: “El uso de los auxiliares rojos es otra prueba del alto nivel de los logros de los egipcios en el cálculo, pues permitían cualquier división, por complicada que fuera” (Joseph, 1999: 115)²⁹.

Reflexiones finales

Dada la amplia difusión de miradas *etic* e incluso descontextualizadas de las investigaciones sobre los conocimientos matemáticos egipcios, es que, creemos, se hace inevitable proponer un nuevo posicionamiento teórico-metodológico desde el cual los historiadores de la Matemática puedan emprender sus investigaciones. Hemos propuesto aquí, a lo largo de las páginas anteriores, a la Etnomatemática como esa categoría historiográfica que contemple a las manifestaciones matemáticas dentro de los contextos socioculturales de los cuales provienen. Esto es, los diferentes ‘grupos culturalmente identificables’ han sido capaces de matematizar de formas particulares y que les son específicas, y es de *una* de esas formas que se forjó la actual ciencia matemática.

Aunque la adopción de la Etnomatemática no es exclusiva para el estudio de las culturas pre-griegas, sí le es altamente característica. En la Sección precedente hemos tomado el ejemplo de los conocimientos aritméticos egipcios por una razón especial: porque la ‘matemática’ egipcia muchas veces ha sido desprestigiada a la luz de los ‘logros’ griegos³⁰, dada la ausencia de una teoría explícita y su carácter aparentemente práctico. Según hemos podido analizar, la aritmética nilótica es, en realidad, una Etnoaritmética³¹, puesto que se basa en sus propios principios operacionales básicos y presenta, más allá de los temas propios de cada uno de los problemas de *RMP*, conocimientos implícitos, como el de mínimo común múltiplo, que ocupan un lugar destacable junto a otros debidamente explicitados, como por ejemplo los problemas ‘h’, equivalentes al cálculo de ecuaciones lineales³². Más aún, los problemas, por los algoritmos de resolución que emplean, no son enunciados explícitamente generalizables, aunque en realidad sí son implícitamente generalizables, según hemos visto en la reformulación general de la respuesta de *RMP* 21.

Por lo tanto, hay tres implicaciones de la adopción de la Etnomatemática como propuesta historiográfica: la Etnomatemática no es un estudio matemático, sino que es más un estudio de la antropología matemática y de la historia de la matemática; la práctica que describe es culturalmente específica; y, por último, implica alguna forma de relativismo cultural para la Matemática.

Notas

1. Uno de los fundamentos para sostener esta tesis ha sido la ausencia de una teoría matemática explícita al estilo griego. La importancia de la presencia de tales teorías ha sido fundamental en los inicios de la historiografía matemática, como ha sostenido, por ejemplo, Alexandre Koyré (1977 [1973]: 377-386).
2. Cfr. por ejemplo: Gillings (1972), Clagett (1999), Rossi (2003), Imhausen (2003), Maza Gómez (2009), entre otros.
3. En propiedad del British Museum, bajo la catalogación BM 10057 y BM 10058. Algunos fragmentos del original que unían ambas piezas, originalmente expuestos en la Historical Society of New York, se encuentran actualmente en el Brooklyn Museum; cfr. Guggenbuhl (1964). De ahora en más, nos referiremos a nuestra fuente con la abreviatura *RMP*, seguida del número del problema al que nos estamos refiriendo.
4. Cfr. por ejemplo, Peet (1931).
5. Cfr. por ejemplo Neugebauer (1957).
6. Editada por *Egypt Exploration Society*.
7. Editada por *The International Commission for History of Mathematics* (ICHM), con sede en Canadá.
8. Colocamos en cursiva esta expresión porque será discutida más adelante, en esta misma sección.
9. Por ejemplo, el autor C. Maza Gómez, ya mencionado en la nota ii, es Doctor en Pedagogía y profesor de Didáctica e Historia de la Matemática, en la Universidad de Sevilla. Sin embargo, lo destacable de su obra es que sí hay una preocupación por contextualizar los conocimientos matemáticos, en particular, por poner de manifiesto, tal como su título lo indica, sus raíces económicas.
10. En español, podemos mencionar como ejemplo: Sánchez Rodríguez (2000).
11. “(...) la historia de la ciencia, para ser tal, tiene que ocuparse de las teorías científicas. (...) Pero ocuparse de las teorías científicas no significa *únicamente* explicar las relaciones lógicas de los conceptos básicos de éstas y su modo de conexión con la realidad a través de los experimentos. Las posibilidades, como muestra una mirada a grandes trabajos del campo, son muchas más y no está muy claro ni el cómo ni el dónde trazar la frontera de la «historia interna» [con la «historia externa»]” (Beltrán, 1995: 193).
12. Cfr. D’Ambrosio (2008).
13. En palabras del mozambiqueño Paulus Gerdes (2007: 183-184): “La Etnomatemática puede ser definida como la antropología cultural de la matemática y de la educación matemática. Como tal, es un campo de interés relativamente reciente, que se sitúa en la confluencia de la matemática y de la antropología cultural. Como la visión de la Matemática como *independiente de la cultura y universal* ha sido la tendencia dominante, y probablemente todavía lo es, la Etnomatemática apareció más tarde que las restantes etnociencias”. La traducción es nuestra, mientras que la cursiva pertenece al original.
14. La traducción es nuestra.
15. Esto se refleja en la llamada *Tabla del Recto* del papiro Rhind, que propone una descomposición en fracciones unitarias de fracciones del tipo $2/m$, siendo m un número natural impar y $3 \leq m \leq 101$. Cfr. Autor (año).
16. Siendo p la cantidad necesaria de filas.
17. Lit. *Problems in completion* (Gillings, 1972: 81-85). La traducción del nombre al español ha sido

tomada de: Joseph (1999: 113).

18. En cambio, el problema 23 es equivalente a resolver: $\frac{2}{3} - \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{10} + \frac{1}{30} + \frac{1}{45}\right)$.

19. La figura de *RMP* 21 ha sido tomada de: Chace, Manning & Archibald (1929: pl. 4). En la transcripción, los jeroglíficos sobre rayados indican que están escritos en tinta roja.

20. La cursiva indica las palabras que corresponden a los jeroglíficos escritos en rojo y que hemos señalado *ut supra*, nota xix.

21. La traducción es nuestra y ha sido cotejada con la que aparece en: Clagett (1999: 139).

22. Cfr. Gillings (1972: 81) y Joseph (1999: 113). Tal auxiliar rojo ha sido llamado, primeramente, por K. Vogel (1958: 40) como *Hilfszahlen*.

23. O bien, naturales, si nos restringimos al campo numérico empleado en el Antiguo Egipto.

24. Adscribimos aquí a la tesis sostenida en: Maza Gómez (2009: 142), tal como ya lo hemos hecho en otra oportunidad (Gerván, 2013: 165ss). Sin embargo, existe aún una discusión sobre si, para los escribas, la fracción era una parte entre las que se puede dividir la unidad, o bien si esta parte (fracción) era considerada como una unidad propia; cfr. Caveing (1992). Más allá de esto, la forma de escritura (jeroglífica y hierática) de las fracciones, permite descartar la identificación de los números racionales como tales cocientes.

25. Cfr. Miatello (2008).

26. "(...) si bien la forma de escritura era un obstáculo, tampoco en la práctica matemática el egipcio se planteó generalizar el concepto de fracción rebasando el marco creado por las fracciones unitarias. Y ello porque en el concepto de fracción que ellos construyeron sólo cabían las fracciones unitarias" (Maza Gómez, 2009: 142).

27. Cfr. Gerván (2013: 165). Junto a este contexto de reparto, podemos mencionar también un *contexto de medida* para el uso de las fracciones. Sin embargo, sostenemos, es el primero el que permite comprender más cabalmente el por qué de la concepción de las fracciones unitarias, dada su gran importancia dentro del carácter redistributivo (y tributario) de la economía egipcia, en el que la administración de raciones era, quizás, el punto central, debido a la inexistencia del dinero (Kemp, 1998 [1989]: 147). Un estudio reciente que permite profundizar lo dicho en esta nota, es: Moreno García (2013).

28. De hecho, se pueden obtener fracciones equivalentes por ampliación, multiplicando numeradores y denominadores por cualquier otro múltiplo; sin embargo, los procesos de simplificación terminan arrojando el mismo resultado que el obtenido mediante la búsqueda del denominador común por mínimo común múltiplo.

29. Ya tres décadas antes, R. J. Gillings puso de relieve el *entrenamiento mental* de los antiguos escribas en una serie de principios o técnicas usadas regularmente para la resolución de problemas que hoy calificaríamos de aritméticos; cfr. Gillings (1966a, 1966b).

30. Cfr. Boyer (1986: 43) y Kline (1992: 45-46).

31. Adoptamos este término como analogía a de Etnogeometría propuesto en: Pacheco Ríos (2000).

32. *RMP* 24-29; cfr. Chace, Manning & Archibald (1929: pls. 47-51) y Clagett (1999: 140-143).

Bibliografía

- BARTON, B. (1996). Making Sense of Ethnomathematics: Ethnomathematics in Making Sense. *Educational Studies in Mathematics*, 31 (1), 201-233.
- BELTRÁN, A. (1995). Historia interna vs. historia externa. En *Revolución científica, Renacimiento e historia de la ciencia* (pp. 179-194). México: Siglo XXI.
- BOIDO, G. & FLICHMAN, E. (2003). Categorías historiográficas y biografías científicas: ¿una tensión inevitable? En L. Benítez, Z. Monroy & A. Robles (eds.), *Filosofía natural y filosofía moral en la Modernidad* (pp. 37-50). México: Facultad de Psicología, UNAM.
- BOYER, C. (1986). *Historia de la matemática*. Madrid: Alianza.
- BURKE, P. (1996). *La revolución historiográfica francesa. La Escuela de los Annales: 1929-1989*. Barcelona: Gedisa.
- BURKE, P. (2000). *Formas de Historia Cultural*. Madrid: Alianza.
- CAVEING, M. (1992). *Le status arithmétique du quantième égyptien*. Lille: s/d.
- CHACE, A., MANNING, H. & ARCHIBALD, R. (1929). *The Rhind Mathematical Papyrus*. Ohio: Oberlin.
- CLAGETT, M. (1999). *Ancient Egyptian Mathematics*. Serie *Ancient Egyptian Science*, vol. 3. Philadelphia: American Philosophical Society, Independence Square.
- D'AMBROSIO, U. (2008). *Etnomatemática. Eslabón entre las tradiciones y la modernidad*. México: Limusa.
- GERVÁN, H. (2013). Las fracciones unitarias en la matemática del Antiguo Egipto. En H. Severgnini, J. Morales & D. Rabinovich (eds.), *Epistemología e Historia de la Ciencia. Selección de trabajos de las XXIII Jornadas*, vol.19 (pp. 165-175). Córdoba: Facultad de Filosofía y Humanidades, UNC.
- GILLINGS, R. (1966a). The Remarkable Mental Arithmetic of the Egyptian Scribes, I. *The Mathematics Teacher*, 59 (4), 372-381.
- GILLINGS, R. (1966b). The Remarkable Mental Arithmetic of the Egyptian Scribes, II. *The Mathematics Teacher*, 59 (5), 476-484.
- GILLINGS, R. (1972). *Mathematics in the Time of the Pharaohs*. New York: Dover Publications, Inc.
- GERDES, P. (2007). *Etnomatemática. Reflexões sobre Matemática e Diversidade Cultural*. Ribeirão: Edições Húmus.
- GUGGENBHUL, L. (1964). The New York Fragments of the Rhind Mathematical Papyrus. *The Mathematics Teacher*, 57 (6), 406-410.
- IMHAUSEN, A. (2003). Calculating the Daily Bread: Rations in Theory and Practice. *Historia Mathematica*, 30, 3-16.
- JOSEPH, G. (1999). *La cresta del pavo real. Las matemáticas y sus raíces no europeas*. Madrid: Ediciones Pirámide.
- KEMP, B. (1998 [1989]). *El Antiguo Egipto. Anatomía de una civilización*. Barcelona: Crítica.
- KLINE, M. (1992). *El pensamiento matemático desde la antigüedad hasta nuestros días*, vol. 1. Madrid: Alianza.
- KOYRÉ, A. (1977 [1973]). Perspectivas de la historia de las ciencias. En *Estudios de historia del*

- pensamiento científico* (pp. 377-386). México: Siglo XXI.
- MIATELLO, L. (2008). The Difference $5\frac{1}{2}$ in a Problem of Rations from the Rhind Mathematical Papyrus. *Historia Mathematica*, 35, 277-284.
- MAZA GÓMEZ, C. (2009). *Las matemáticas en el Antiguo Egipto. Sus raíces económicas*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- MORENO GARCÍA, J. (ed.) (2013). *Ancient Egyptian Administration. HdO 104*. Leiden: Brill.
- NEUGEBAUER, O. (1957). *The Exact Sciences in Antiquity*. New York: Brown University Press.
- PACHECO RÍOS, O. (2000). *Etnogeometría para la Etnomatemática*. Santa Cruz de Bolivia: Ed. Cepdi.
- PEET, E. (1931). A Problem in Egyptian Geometry. *Journal of Egyptian Archaeology*, 17, 100-106.
- ROSSI, C. (2003). *Architecture and Mathematics in Ancient Egypt*. Cambridge: Cambridge University Press.
- SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, A. (2000). *Astronomía y matemáticas en el Antiguo Egipto*. Madrid: Alderabán.
- VOGEL, K. (1958). *Vorgriechische Mathematik*, vol. 1 “Vorgeschichte Ägypten”. Hannover: s/d.

Sobre la distinción entre teorías híbridas y pluralistas de conceptos

*Sabrina Haimovici**

1. Introducción

Actualmente, distintas teorías de conceptos postulan que en los procesos cognitivos superiores intervienen estructuras conceptuales heterogéneas. En general, las distintas propuestas incorporan estructuras prototípicas –i.e. representaciones de rasgos típicos, sobresalientes o diagnósticos de una categoría (Rosch y Mervis, 1975; Hampton, 1995)–, conjuntos de ejemplares –i.e. conjuntos de representaciones de instancias de una categoría (Medin & Schaffer, 1978; Nosofsky, 1986)– y teorías que contienen información sobre mecanismos causales y propósitos teleológicos, así como sobre rasgos ocultos (Ahn, 1998; Carey, 1991; Gopnik & Meltzoff, 1997). Machery (2009; Machery & Seppälä, 2011) reconstruye los debates principales entre estas teorías en función del modo en que articulan las diversas estructuras y distingue dos enfoques predominantes, uno híbrido y otro pluralista. Las teorías híbridas proponen que los conceptos tienen partes, constituidas por estructuras diferentes (Anderson & Betz, 2001; Keil *et al.*, 1998; Margolis & Laurence, 2007; 2010; Osherson & Smith, 1981). En cambio, las teorías pluralistas proponen que cada categoría está representada por diversos conceptos independientes, cada uno de los cuales posee una estructura diferente (Machery, 2009; Weiskopf, 2009a). Así, usualmente se interpretan los enfoques híbrido y pluralista como dos enfoques en competencia.

El objetivo de este trabajo es mostrar que estos enfoques no están en competencia. Sostendré, por un lado, que los argumentos principales contra las teorías híbridas les atribuyen compromisos que estas teorías no adoptan y, por otro lado, que ambos enfoques comparten ciertas tesis. En §2 presentaré las condiciones que Machery (2009; Machery & Seppälä, 2011) asume implícitas en las teorías híbridas, las de coordinación y asociación, y argumentaré que las propuestas denominadas híbridas no suponen estas dos condiciones y que, en consecuencia, la oposición entre teorías híbridas y pluralistas es, con respecto a sus tesis generales, sólo aparente. En §3 presentaré un diagnóstico tentativo acerca de los motivos por los cuales ciertos autores, especialmente los defensores de las llamadas teorías híbridas, se resisten a reconocer que el debate es en última instancia terminológico.

2. Las condiciones de coordinación y asociación

Generalmente se asume que la diferencia entre las propuestas híbridas y las pluralistas está dada por la relación que postulan entre las distintas estructuras conceptuales que representan una misma categoría (Machery, 2009; Weiskopf, 2009a). Las teorías híbridas proponen que los conceptos tienen partes con distintas estructuras. Por ejemplo, Margolis y Laurence (2007, 2010) sostienen que los conceptos tienen una estructura semántica que determina la referencia

* Universidad de Buenos Aires / CONICET

y una “estructura para el procesamiento” que puede contener prototipos, ejemplares y teorías y es la que explica cómo intervienen los conceptos en diversos procesos mentales. Keil y sus colegas (1998), por su parte, sostienen que los conceptos tienen una parte prototípica y una teórica. Según este tipo de propuestas, los distintos tipos de representaciones correferenciales –por ejemplo un prototipo y una teoría que representan una misma categoría– no constituyen conceptos independientes, sino que son partes de un único concepto. En cambio, las teorías pluralistas proponen una multiplicidad de estructuras correferenciales e independientes para cada categoría. Así, una misma categoría estaría representada por múltiples conceptos independientes, por ejemplo, por un prototipo, un conjunto de ejemplares y una teoría (Machery, 2009; Weiskopf, 2009a).¹

Como argumenta Machery (2009), para poder diferenciar entre propuestas híbridas y pluralistas es necesario establecer condiciones necesarias y suficientes para que una estructura sea parte de un concepto en lugar de un concepto independiente en sí mismo. Sin tales condiciones, no habría una oposición genuina entre los enfoques híbrido y pluralista y la distinción entre ellos sería meramente terminológica (Machery, 2009; Machery y Seppälä, 2011). Según Machery (2009), las teorías híbridas presuponen dos condiciones para que una estructura sea parte de un concepto, la coordinación –que establece que las distintas partes de un mismo concepto no pueden producir resultados inconsistentes– y la asociación –según la cual las distintas partes de un concepto están conectadas de modo que al usar una parte, las otras partes también “están preparadas” para el uso.

La estrategia de Machery contra las teorías híbridas consiste en señalar evidencia empírica contra la condición de coordinación. El argumento general afirma que si las teorías híbridas no adoptan las condiciones de coordinación y asociación, entonces no son distintas de las pluralistas. Y, si las aceptan, entonces hay evidencia significativa en su contra. De aquí se seguiría que las teorías pluralistas deben preferirse a las híbridas. A continuación presentaré una serie de objeciones a esta estrategia. En §2.1 abordaré la condición de coordinación y en §2.2 la condición de asociación.

2.1 La condición de coordinación

Según la condición de coordinación, las partes de un concepto están coordinadas, i.e. “las partes de un concepto dado no producen resultados inconsistentes, por ejemplo, juicios de categorización inconsistentes” (Machery, 2009, p. 64). Así, si los conceptos tuvieran una estructura híbrida, no deberíamos asentir a juicios inconsistentes como “El café es agua” y “El café no es agua”. Machery organiza su discusión de las teorías híbridas en torno a las consecuencias que se siguen de la adopción de esta condición y presenta evidencia empírica contra estas consecuencias. Sin embargo, tanto la condición como la evidencia han resultado muy cuestionadas (Gonnerman & Weinberg, 2010; Keil, 2010; Margolis & Laurence, 2010; Scarantino, 2010). Primero, defensores de teorías híbridas, como Margolis y Laurence o Keil, rechazan la condición de coordinación como una condición necesaria para ser parte de un concepto. Segundo, aún si las teorías híbridas aceptaran esta condición, la evidencia contra la

coordinación es muy cuestionable. A continuación desarrollaré estas dos objeciones.

La principal crítica a la condición de coordinación señala que ésta es demasiado fuerte, ya que obligaría a tratar como conceptos independientes a tipos de estructuras que los psicólogos usualmente tratan como unificadas. Por un lado, Keil (2010) señala que, por ejemplo, el uso de ALTO en tareas de categorización puede conducir a juicios aparentemente inconsistentes en función del contexto en que se evalúa si un individuo es alto o no.² Sin embargo, postular que hay un concepto independiente por cada “micro-contexto” que puede conducir a tales juicios aparentemente contradictorios llevaría a una proliferación extrema de conceptos. Estos casos se suelen explicar como aplicaciones de un mismo concepto y no como usos de conceptos distintos.

Por otro lado, Gonnerman y Weinberg (2010) señalan que la condición de coordinación implicaría que los conjuntos de ejemplares no puedan ser tratados como un todo conceptual. Ciertos estudios sugieren que cambios contextuales en la perspectiva del sujeto (e.g. desde la perspectiva de un artista a la de un biólogo) pueden dar lugar a distintos resultados al categorizar un ítem debido a que la adopción de una perspectiva diferente lleva a activar distintos ejemplares para comparar en la categorización (Braisby, 2005). Es decir, determinados cambios contextuales pueden inducir la activación de distintos ejemplares de un conjunto que representa una categoría y estos cambios dan lugar a respuestas diversas frente a una tarea de categorización. En este sentido, los distintos ejemplares de un conjunto no exhiben coordinación. Sin embargo, las teorías de ejemplares suelen tratar al conjunto de ejemplares que representa una categoría como un único concepto, en lugar de concebirlas como una multiplicidad de conceptos independientes. De modo que la condición de coordinación no parece ser adecuada para caracterizar en qué consiste ser parte de un concepto.

Ahora bien, suponiendo que la tesis de coordinación efectivamente resultara central para las teorías híbridas, la evidencia en su contra está lejos de ser concluyente. Machery y Seppälä (2011) sostienen que si disponemos de distintos conceptos correferenciales para, e.g. tomate, es probable que “tomate” sea polisémica, i.e. que esté asociada a distintos significados, correspondientes a cada uno de los conceptos $TOMATE_p$, $TOMATE_E$ y $TOMATE_T$.³ El estudio que proponen pretende mostrar que la polisemia permite que aceptemos juicios inconsistentes, lo cual no debería ocurrir si las distintas estructuras que representan una categoría cumplieran con la condición de coordinación. Así, pretende brindar apoyo a las teorías pluralistas contra las híbridas. En el estudio, los participantes deben evaluar en qué medida acuerdan con determinados juicios de clasificación que se presentan de a pares, como “En un sentido, los tomates son verduras” y “En un sentido, los tomates no son verduras”. Los pares de juicios incluyen o bien un predicado (e.g. “tomates”) de extensión similar al prototipo del otro predicado (e.g. “verduras”), que no cae bajo la extensión de la teoría que se asume asociada a ese predicado, o bien un predicado (e.g. “pingüinos”) cuyas instancias no son similares al prototipo del otro predicado (e.g. “aves”), pero cae bajo su extensión en virtud de la teoría asociada. Los resultados del estudio indican un amplio porcentaje de acuerdo con los pares de juicios que son, según Machery y Seppälä, aparentemente inconsistentes.

Machery y Seppälä reconocen que estos resultados sólo ofrecen un apoyo tentativo a favor de las teorías pluralistas y anticipan que se podría objetar que la presencia de la expresión “en un sentido” en los pares de afirmaciones que los participantes debían evaluar induce el asentimiento a juicios aparentemente contradictorios porque sugiere evaluarlos en función de su adecuación pragmática, en lugar de en función de valores de verdad. Los autores ofrecen dos respuestas a esta posible objeción, que reconstruiré y discutiré a continuación.

Primero, sostienen que los comentarios y aclaraciones de los participantes del estudio indican que están evaluando el valor de verdad. Sin embargo, esto no resulta evidente. Por ejemplo, algunos de los comentarios en relación al par “En un sentido, los tomates son verduras” y “En un sentido, los tomates no son verduras” fueron: “Tienen semillas, entonces son frutas –pero el uso que hacemos de ellos al cocinar es más similar al modo en que cocinamos otras verduras” o “Creo que son frutas, pero los comemos como verduras, entonces, en un sentido, los tomates son verduras” (Machery & Seppälä, 2011, p. 119). Estos comentarios sugieren, contra la lectura de Machery y Seppälä, que los individuos están considerando más bien que los tomates no son verduras, pero que, puesto que los usamos como tales, hay un sentido pragmático en el que resulta adecuado afirmar que los tomates son verduras.

Segundo, señalan que en los ejemplos de control incluidos en el estudio (e.g. “En un sentido, los leones son animales” y “En un sentido, los leones no son animales”) la presencia de la expresión “en un sentido” no motivó el asentimiento a juicios aparentemente contradictorios. Ahora bien, considero que las evaluaciones de los ejemplos de control no permiten inferir si los individuos están llevando a cabo una evaluación pragmática o de valor de verdad. Por más que la expresión “en un sentido” sugiera una evaluación pragmática de los juicios, esto no implica además que esta evaluación pragmática inducirá el asentimiento a cualquier par de juicios. Esto es así porque no todas las afirmaciones son aceptables, ni siquiera en un sentido pragmático. Simplemente, no todas las afirmaciones son pragmáticamente adecuadas.

Machery y Seppälä apelan a las respuestas a los ejemplos de control para sostener que el uso de “en un sentido” no es lo que motiva el asentimiento a juicios aparentemente contradictorios. Por supuesto que no, pero esto no responde la objeción en cuestión. Las respuestas a los ejemplos de control no indican si esos juicios se están evaluando por sus condiciones de verdad o por su adecuación pragmática. Machery y Seppälä pretenden inferir, a partir de las respuestas a estos casos, que los individuos están evaluando el valor de verdad de las afirmaciones. Pero, puesto que no hay un sentido pragmáticamente adecuado en que, por ejemplo, los leones no son animales, el hecho de que los individuos no acordaran con este juicio no sugiere que estuvieran evaluándolo por sus condiciones de verdad. En este sentido, podría cuestionarse si las oraciones de control propuestas en el estudio son adecuadas. Los pares de control están confeccionados de tal modo que den lugar al mismo juicio sin importar si se asocia un prototipo o una teoría a los predicados en cuestión. El problema es que este tipo de oración de control no permite discernir si los participantes estaban evaluando la adecuación pragmática o las condiciones de verdad. De modo que las respuestas de los autores no permiten superar la objeción.

Por otra parte, más allá de si “en un sentido” induce una evaluación pragmática de las afirmaciones o no, esta expresión hace que las afirmaciones no resulten contradictorias. Machery y Seppälä reconocen que la inconsistencia entre los juicios es sólo aparente, pero se refieren de todos modos a ellos como juicios conflictivos y esto no parece adecuado. Si se consideraran a la vez verdaderas “Los tomates son verduras” y “Los tomates no son verduras” se estaría en presencia de una inconsistencia por lo menos aparente. Pero en el caso de “En un sentido, los tomates son verduras” y “En un sentido, los tomates no son verduras” la inconsistencia no es ni siquiera aparente. Las aclaraciones que dejaron los participantes indican, a mi entender, que intentaron explicitar en qué sentido entendieron los términos “tomate” o “verdura” en uno y otro caso, estableciendo diferencias claras entre ellos. Estos comentarios reflejan que los participantes tuvieron en cuenta distintos tipos de información acerca de los tomates para evaluar los juicios y, en este sentido, pueden servir como apoyo a cualquier propuesta que adopte una multiplicidad de estructuras conceptuales. Pero no implica necesariamente que cada estructura que representa tomates constituya un concepto independiente, sino que es compatible con que haya un único concepto TOMATE con distintas partes que contienen distintos tipos de información acerca de los tomates.

De modo que, aun si las teorías híbridas adoptaran la condición de coordinación, el estudio citado no constituiría evidencia en su contra, puesto que la contradicción entre los juicios es, según Machery y Seppälä aparente, o, como sostuve, ni siquiera aparente. Así, esta condición no permite establecer una distinción adecuada entre teorías híbridas y pluralistas.

2.2 La condición de asociación

Según la condición de asociación, las distintas partes de los conceptos están necesariamente conectadas o asociadas, de modo que “cuando una de las partes es usada, digamos, para categorizar, podemos *ipso facto* usar las otras partes del concepto para otros propósitos; por ejemplo, podemos usarlas para razonar deductiva o inductivamente” (Machery, 2009, p. 64). A diferencia de la condición de coordinación, la condición de asociación es un supuesto que las teorías híbridas están dispuestas a aceptar, a pesar de que no todas lo formulen explícitamente. Es más, ésta resulta ser una condición que las teorías híbridas están dispuestas a defender, señalando las consecuencias que tendría su abandono. Sin embargo, la defensa de esta condición que llevan a cabo, por ejemplo, Margolis y Laurence (2010), sugiere que no la interpretan del mismo modo que Machery. Machery (2009) afirma que hay múltiples asociaciones entre conceptos y que los conceptos correferenciales están usualmente asociados pero que, mientras que las asociaciones entre conceptos independientes son contingentes, las asociaciones entre las distintas partes de un concepto son necesarias. Sin embargo, no queda claro qué diferencias habría de hecho en la activación de los conceptos en uno u otro caso. Machery parece atribuir a las teorías híbridas el supuesto de que la activación de una parte de un concepto necesariamente ocasiona la activación del resto. Una teoría híbrida que postule que los conceptos tienen e.g. una parte prototípica y otra definicional, sostendría que “necesariamente, el prototipo de x se puede usar en nuestros procesos cognitivos cuando ha sido usada la definición de x y

viceversa” (Machery, 2009, p. 68). Denominaré a esta interpretación una versión arquitectural de la condición de asociación, según la cual las partes de un concepto deben necesariamente activarse todas a la vez, ya que si se tratara de “estar listas para el uso” todas a la vez, esto no las diferenciaría del modo en que distintos conceptos independientes están simultáneamente listos para el acceso.

Ahora bien, las teorías híbridas no postulan la activación o uso simultáneo de todas las partes de un concepto. Por ejemplo, Osherson y Smith (1981), que proponen que los conceptos tienen una parte definicional y otra prototípica, sostienen que para algunos procesos, como la combinación de conceptos, utilizamos sólo la parte definicional. Margolis y Laurence (2007, 2010), que proponen que los conceptos tienen una estructura para el procesamiento que incluye prototipos, teorías y ejemplares, sostienen que las distintas estructuras pueden usarse independientemente en los procesos de categorización. El modelo ACT-R de categorización, elaborado por Anderson y Betz (2001) propone estrategias de categorización que recurren o bien a una definición (una regla) o bien a una comparación con un conjunto de ejemplares. En este caso, el modelo “elige” entre estas dos vías independientes de categorización mediante una función que “negocia” entre la confianza en el resultado y el tiempo que le llevará arribar a él. Así, ninguna de estas teorías sostiene que necesariamente todas las partes de un concepto deban activarse simultáneamente, es decir que rechazan la condición de asociación entendida en sentido arquitectural.

Sin embargo, las teorías híbridas adhieren a la condición de asociación en un sentido semántico, como ejemplifican las propuestas de Prinz (2002) y Margolis y Laurence (2007, 2010). La propuesta de Prinz puede leerse como híbrida en tanto postula que los conceptos tienen partes heterogéneas: incluyen prototipos, teorías y conjuntos de ejemplares. Prinz (2002) señala que por cuestiones arquitecturales relacionadas con la capacidad de la memoria de trabajo, sería imposible activar simultáneamente todas las partes de un concepto. Por eso caracteriza los conceptos como los conjuntos de representaciones que pueden activarse en la memoria de trabajo para representar una categoría. Distintos conjuntos de representaciones pueden activarse para representar la misma categoría en distintos contextos. Prinz en muchas oportunidades se refiere a estos distintos conjuntos de representaciones como partes del mismo concepto. Ahora bien, el sentido en el que los considera partes del mismo concepto puede entenderse como un sentido semántico, como detallaré a continuación.

Prinz propone que los conceptos tienen dos tipos de contenido: un contenido real, que refiere a esencias de las cosas, y un contenido nominal, que refiere a las propiedades a partir de las cuales identificamos las instancias en el mundo que caen bajo un concepto. Por ejemplo ORO, tiene un contenido o referente real –la esencia de ORO, el elemento Au– y, por otro lado, un contenido nominal –el conjunto de propiedades aparentes por las cuales identificamos las instancias de ORO: amarillo, brillante, maleable (Prinz, 2002). Los distintos conjuntos de representaciones que se activan en cada ocasión para representar una determinada categoría son correferenciales, en tanto comparten un contenido real. Pero, a la vez, tienen distintos

contenidos nominales, ya que representan distintas propiedades de apariencia. Así, permiten explicar los juicios aparentemente contradictorios analizados en la sección anterior, ya que en un sentido comparten el contenido y en otro no. Pueden activarse independientemente uno del otro, pero están asociados en redes de memoria a largo plazo como representaciones de una misma categoría. En este último sentido puede decirse que son partes de un mismo concepto.

En la propuesta de Margolis y Laurence (2007, 2010) los conceptos son símbolos (semejantes a palabras del lenguaje natural), que tienen una estructura semántica y una estructura para el procesamiento. La estructura para el procesamiento puede contener prototipos, ejemplares y teorías, que están asociados a los símbolos. Adoptando una propuesta de tipo fodoriano, Margolis y Laurence (2007) sostienen que los símbolos se individualizan por su contenido más ciertas propiedades del vehículo. En esta propuesta, un prototipo y una teoría se pueden considerar correferenciales si están asociados al mismo símbolo. En este sentido adhieren a la condición de asociación. Sin embargo, rechazan explícitamente que la activación de una parte de la estructura para el procesamiento deba necesariamente activar otras partes.

Margolis y Laurence (2010) señalan que, si rechaza la condición de asociación, el pluralismo de conceptos tiene dificultades para justificar la correferencialidad de los distintos conceptos. Las propuestas pluralistas asumen que para algunas categorías disponemos de distintas representaciones correferenciales e independientes. Pero, ¿cómo se justifica la correferencialidad si el conjunto de elementos que caen bajo el prototipo de, por ejemplo, PEZ, puede incluir ballenas, mientras que éstas no caen bajo la teoría de PEZ? Según Margolis y Laurence, la asociación de las distintas estructuras a una única representación semántica que fija la referencia del concepto sería lo que garantiza la correferencialidad y, en este sentido, las teorías híbridas presentarían una ventaja sobre las pluralistas.

Machery sugiere que la correferencia podría estar garantizada por una semántica informacional y recurre, precisamente, a la propuesta de Prinz para ilustrar cómo podría funcionar. Esta sugerencia apoya mi intuición de que las teorías pluralistas también adhieren a la condición de asociación cuando ésta se interpreta en sentido semántico, ya que en la propuesta de Prinz los prototipos, ejemplares y teorías correferenciales forman parte de un mismo concepto en un sentido semántico. Hay propuestas pluralistas que, si bien sostienen que cada categoría está representada por diversos conceptos independientes, incorporan asociaciones específicas entre conceptos correferenciales, agrupando de un modo especial a todos los conceptos que representan una misma categoría. Tal es el caso de la propuesta pluralista de Weiskopf (2009a, 2009b) que trata a los prototipos, ejemplares y teorías como conceptos independientes, pero incorpora archivos mentales para agrupar los conceptos correferenciales y así explicar los distintos fenómenos relativos al contenido. Si bien puede haber múltiples asociaciones entre conceptos, hay un tipo de asociación específica para los conceptos correferenciales, a la que Weiskopf denomina archivos mentales. La necesidad de establecer una asociación específica entre conceptos correferenciales está relacionada con cuestiones semánticas a las que las teorías de conceptos deben responder. La mención de archivos mentales (Prinz, 2002; Weiskopf,

2009b) o símbolos (Margolis & Laurence, 2007) son distintos modos de unificar las diversas estructuras en función de la individuación semántica de los conceptos.

En esta sección sostuve que las teorías consideradas híbridas no se comprometen con la condición de coordinación y si bien aceptan la condición de asociación, no lo hacen en el sentido que Machery cuestiona. Más aún, el tratamiento (o la presunción) de la correfeencialidad en las propuestas pluralistas sugiere que una condición similar a la de asociación en sentido semántico puede estar implícita también en las teorías pluralistas. Esto volvería la distinción entre teorías híbridas y pluralistas puramente terminológica. En la sección siguiente sugeriré algunos motivos por los cuales siguen utilizándose estos términos distintos.

3. Un debate terminológico

Recordemos el argumento general de Machery (2009, Machery & Seppälä, 2011) contra el enfoque híbrido: si las teorías híbridas rechazan las condiciones de coordinación y asociación (y no proponen otras para distinguir entre partes de conceptos y conceptos independientes), entonces no se diferencian de las pluralistas. Y si, en cambio, aceptan esas condiciones, entonces hay evidencia suficiente en su contra como para abandonarlas. En §2.1 discutí la segunda alternativa y sostuve que la evidencia contra la coordinación es muy débil. Ahora bien, a lo largo del trabajo defendí que las teorías híbridas no adhieren a las dos condiciones que propone Machery. Y si bien adhieren en un sentido a la condición de asociación, lo hacen de un modo en que parecen coincidir con el enfoque pluralista.

¿Por qué entonces hay tanta resistencia, en especial por parte de los defensores de las teorías híbridas, a aceptar que ambos enfoques están de acuerdo en sus tesis principales? Creo que parte de esta resistencia puede deberse a la asociación que propone Machery entre pluralismo y eliminativismo. Machery defiende la hipótesis de la heterogeneidad, según la cual cada categoría está representada por varios conceptos de distinto tipo. En este sentido, la hipótesis de la heterogeneidad es similar a las propuestas pluralistas. Machery rechaza sin embargo el pluralismo, puesto que defiende un eliminativismo de la noción de “concepto”. Según Machery (2005, 2009) las estructuras conceptuales son tan heterogéneas que no comparten suficientes propiedades relevantes como para constituir una clase natural y, por lo tanto, el término “concepto” no juega ningún papel en el avance científico o, peor aun, resulta perjudicial y debe ser eliminado del vocabulario científico.

Parte de la defensa de las teorías híbridas está orientada a rechazar la conclusión eliminativista apelando a ciertas propiedades comunes a todos los conceptos (Gonnerman & Weinberg, 2010; Keil, 2010; Margolis & Laurence, 2010; Scarantino, 2010). Algunos de los argumentos señalan que la estructura híbrida común a la mayoría de conceptos permite estudiarlos como una clase de interés científico. Sin embargo, puesto que hay otras estrategias para rechazar el eliminativismo (Weiskopf, 2009a, 2010; Lalumera, 2010), este tipo de defensa de las teorías híbridas debería dejarse a un lado para poder evaluar si acuerdan o no en las tesis principales con el pluralismo (independientemente de la discusión con el eliminativismo).

Otra cuestión que parece estar en juego al presentar los enfoques híbridos y pluralistas como opuestos es en qué nivel deben individuarse los conceptos. Los enfoques híbridos parecen identificar los conceptos con la unión de todas las representaciones de una categoría, mientras que los pluralistas identificarían los conceptos con cada una de las representaciones de una categoría que pueden activarse independientemente. Sin embargo, como sostuve en §2.2, las teorías híbridas no tratan las representaciones asociadas como un bloque que se activa siempre en conjunto, sino que, al igual que las teorías pluralistas, admiten que distintas representaciones pueden funcionar de modo independiente. Y, por otro lado, las teorías pluralistas también incorporan asociaciones entre las representaciones de una misma categoría, al igual que las teorías híbridas. De modo que esta aparente individuación de los conceptos en distintos niveles resulta ser más una diferencia de énfasis que una diferencia en tesis centrales.

4. Conclusiones

En este trabajo sostuve que no hay una oposición genuina entre los enfoques híbridos y pluralistas. Los argumentos generales en contra del enfoque híbrido no resultan adecuados, puesto que atribuyen a las teorías híbridas compromisos que éstas no aceptan. Por otra parte, al reinterpretar los presupuestos que estos argumentos les atribuyen en términos más acordes a lo que las propias teorías híbridas defienden, éstos parecen incluso ser principios compartidos por las teorías pluralistas. Así, intenté mostrar que ambos enfoques acuerdan en rechazar la condición de asociación en sentido arquitectural y la aceptan en sentido semántico. Con respecto a la condición de coordinación, tanto las propuestas híbridas como las pluralistas coinciden en rechazarla. Así, sostuve que las teorías actuales que incorporan diversos tipos de estructuras conceptuales parecen coincidir en un mismo enfoque general.

Ahora bien, esto no quiere decir que acuerden en todas las tesis y que no haya diferencias relevantes entre ellas. Por supuesto que no es lo mismo incorporar, por ejemplo, sólo definiciones y prototipos como estructuras conceptuales que admitir también ejemplares y teorías. El debate fructífero entre estas teorías es el que se da en torno a modelos específicos, compromisos concretos con determinados tipos de estructuras y propuestas precisas sobre cómo están asociadas estas estructuras, así como de qué depende que se active una u otra. Sin embargo, la mayor parte de la evidencia que se discute actualmente y que las distintas teorías de conceptos intentan acomodar, proviene de estudios que pretendían evaluar predicciones de determinadas propuestas de prototipos, ejemplares o teorías, que postulaban un único tipo de estructura conceptual. Por esta razón, para comparar y evaluar distintas teorías que incorporan una pluralidad de estructuras conceptuales, es necesario un mayor desarrollo de modelos que incorporen tal pluralidad de estructuras, cuyas predicciones específicas puedan ser puestas a prueba.

Notas

1. Estas teorías no se comprometen con que éste sea el caso para todas las categorías, podría haber

algunas que sólo representemos por medio de, e.g., teorías (como los electrones).

2. Utilizo mayúsculas para los nombres de los conceptos.

3. Utilizaré los subíndices P para prototipo, T para teoría y E para conjunto de ejemplares. Así TOMATE_P se refiere al prototipo de tomate, indistintamente de si se lo considera una parte del concepto TOMATE o un concepto independiente.

Bibliografía

AHN, W. (1998). Why are different features central for natural kinds and artifacts?: the role of causal status in determining feature centrality. *Cognition*, 69, 135–178.

ANDERSON, J. & BETZ, J. (2001). A hybrid model of categorization. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8 (4), 629-647.

BRAISBY, N. (2005). Similarity and categorisation: Getting dissociations in perspective. En K. Forbus, D. Getner & T. Regier (Eds.), *Proceedings of the Twenty-Sixth Annual Cognitive Science Society* (pp. 150-155). Erlbaum.

CAREY, S. (1991). Knowledge acquisition: Enrichment or conceptual change? En E. Margolis & S. Laurence (Eds.), *Concepts: Core readings* (pp. 459-487). Cambridge: MIT Press.

GOPNIK, A. & MELTZOFF, A. (1997). *Words, Thoughts, and Theories*. Cambridge: MIT Press.

GONNERMAN, C. & WEINBERG, J. (2010). Two uneliminated uses for ‘concepts’: Hybrids and guides for inquiry. *Behavioral and Brain Sciences*, 33, 211-212.

HAMPTON, J. (1995). Similarity-based categorization: The development of prototype theory. *Psychologica Belgica*, 35, 103–125.

KEIL, F., SMITH, W., SIMONS, D. & LEVIN, D. (1998). Two dogmas of conceptual empiricism: implications for hybrid models of the structure of knowledge. *Cognition*, 65, 103-135.

KEIL, F. (2010). Hybrid vigor and conceptual structure. *Behavioral and Brain Sciences*, 33, 215-216.

LALUMERA, E. (2010). Concepts are a functional kind. *Behavioral and Brain Sciences*, 33, 217-218.

MACHERY, E. (2005). Concepts are not a natural kind. *Philosophy of Science*, 72, 444-467.

MACHERY, E. (2009). *Doing without concepts*. Oxford: University Press.

MACHERY, E. (2010). The heterogeneity of knowledge representation and the elimination of concept. *Behavioral and Brain Sciences*, 33, 231-239.

MACHERY, E. & SEPPÄLÄ, S. (2011). Against hybrid theories of concepts. *Anthropology & Philosophy*, 10, 99-127.

MARGOLIS, E. & LAURENCE, S. (2007). The ontology of concepts: Abstract objects or mental representations? *Noûs*, 41 (4), 561-593.

MARGOLIS, E. & LAURENCE, S. (2010). Concepts and theoretical unification. *Behavioral and Brain Sciences*, 33, 219-220.

MEDIN, D. & SCHAFFER, M. (1978). A Context Theory of Classification Learning.

- Psychological Review*, 85 (3), 207-238.
- NOSOFSKY, R. (1986). Attention, similarity, and the identification-categorization relationship. *Journal of Experimental Psychology*, 115, 39-57.
- OSHERSON, D. & SMITH, E. (1981). On the adequacy of prototype theory as a theory of concepts. En S. Laurence, & E. Margolis (Eds.), *Concepts: Core readings* (pp. 261-278). Cambridge: MIT Press.
- PRINZ, J. (2002). *Furnishing the Mind*. Cambridge: MIT Press.
- ROSCH, E. & MERVIS, C. (1975). Family resemblances: Studies in the internal structure of categories. *Cognitive Psychology*, 7, 573-605.
- SCARANTINO, A. (2010). Evidence of coordination as a cure for concept eliminativism. *Behavioral and Brain Sciences*, 33, 223-224.
- WEISKOPF, D. (2009a). The plurality of concepts. *Synthese*, 169, 145-173.
- WEISKOPF, D. (2009b). Atomism, pluralism, and conceptual content. *Philosophical and Phenomenological Research*, 79, 130-162.
- WEISKOPF, D. (2010). The theoretical indispensability of concepts. *Behavioral and Brain Sciences*, 33, 228-229.

Automatismo y problemas bien-estructurados: una relación no tan evidente

*Xavier Huwelle**

En computación se suele introducir una importante distinción entre dos clases de problemas a fin de optimizar la toma de decisiones en los procesos automatizados: los problemas bien-estructurados y los problemas por-estructurar¹. Dicha distinción proviene de las formulaciones propuestas por McCarthy (1956) y Minsky (1961) en la medida en que vieron que numerosos problemas en inteligencia artificial tenían métodos sistemáticos para validar soluciones correctas. Desde esta perspectiva los problemas “por-estructurar” aparecen como una categoría residual que no pertenecerían a los “bien-estructurados” (Lynch et al., 2009). Estas fueron reformuladas luego por Reitman (1964, 1965) y Simon (1973) para después ser objeto de debates tanto desde la cognición como desde la inteligencia artificial. Desde la cognición Jonassen (1997) propone una interpretación de la distinción que plantea dificultades en cuanto se quiere extender la noción de problemas bien-estructurados a otros ámbitos de aplicación. Este trabajo tiene como objetivo discutir esta interpretación y evaluar las consecuencias que tiene para la computación, como así también para otros ámbitos que son posibles de adoptar una caracterización de sus problemas en términos de problemas bien-estructurados. Para esta tarea se apelará a un contraejemplo que tendrá la función de mostrar la dificultad de la interpretación de Jonassen acerca de los problemas bien-estructurados y que pueden generar cuestionamientos interesantes sobre la automatización.

Es recurrente leer declaraciones del tipo de la que plantea Geffner (2010)²: “[...] muchos investigadores se han desplazado desde antiguos paradigmas en los cuales se escribían programas para problemas por-[estructurar] a solucionadores para modelos matemáticos bien-[estructurados]”³⁴

Otros son más pesimistas cuando se trata de favorecer a un tipo de estructura respecto de la resolución de problemas en ámbitos más específicos tal como lo sostiene Groopman (2008):

“Mi generación no ha recibido una explicación sobre la forma de pensar como médico. Aprendimos la medicina con lo que pudimos experimentar (*catch-as-catch-can*). Los estudiantes observaban a los médicos profesionales del mismo modo que los aprendices observaban a sus maestros en los gremios medievales, y de alguna manera los aprendices tenían que asimilar las aproximaciones de sus mayores sobre la diagnosis y los tratamientos (que seguir). Raramente un médico explicaba los pasos mentales que lo condujeron a sus decisiones. En los últimos años, ha existido una fuerte reacción negativa acerca de este modo de aprendizaje. Para conformar en cambio una estructura más organizada, los estudiantes en medicina y residentes

* Universidad Nacional de Córdoba

han aprendido a seguir algoritmos pre-establecidos y prácticas guiadas por árboles de decisiones. Este método ha sido también vendido por ciertos administradores a personas de altas jerarquías en muchos hospitales de Estados Unidos y Europa. La compañías de seguros le han encontrado un atractivo particular a la hora de aprobar ciertas pruebas o tratamientos.”⁵

Ambas perspectivas muestran una necesidad y un requerimiento válido para ambos dominios de conocimiento. Pero para ello es necesaria una caracterización de lo que se entiende por problemas así también como la caracterización de las estructuras de los problemas que son los problemas bien-estructurados y mal-estructurados. Se usará la interpretación de Jonassen (1997) para tratar de ver cuáles son los alcances y los problemas que pueden ocasionar esas caracterizaciones.

Pero además, se debe agregar el rol que poseen los métodos de resoluciones de problemas en la discusión aquí presentada. Si bien en los últimos años los desarrollos informáticos tienden a concentrarse en elaboraciones de tipo exclusivamente algorítmicas⁶ para problemas del tipo bien-estructurados, haría falta considerar contextos como los de la diagnosis médica en donde los aspectos por-estructurar y el uso de heurísticas dominan. En este sentido, parece difícil desarrollar un programa que se concentre solo en uno u otro de estos aspectos sin que pierda las ventajas de ambos métodos. Por un lado concentrarse exclusivamente en algoritmos sólo parece conveniente para una cantidad limitada de problemas o de tareas muy específicas. Si el objetivo por ejemplo, es construir un sistema experto⁷ para asistir a un médico durante el proceso de diagnosis, adoptar lo que denominé una perspectiva algorítmica no parece lo más adecuado. Por otro lado las heurísticas si bien pueden ser útiles para especificar de manera más adecuada ciertos dominios del problema, no siempre constituyen la mejor estrategia. En ese sentido ambas perspectivas parecen necesitarse mutuamente.

En referencia a la resolución de problemas, el estatuto de los problemas por-estructurar y bien-estructurados pueden aportar respuestas a algunos interrogantes. Uno de ellos es el referido a la idea de pensar un método general que permita resolver la mayor cantidad de problemas posibles. Esta cuestión se centra principalmente en torno a la forma en que construimos las nociones de *problemas*. Por ejemplo, en un autor como Jonassen (1997), que se dedica a la resolución de problemas en educación, la distinción entre problemas por-estructurar y bien-estructurados parece ser antes que nada una cuestión formal.

Se pueden hacer diversas críticas a Jonassen (1997) pero lo que nos interesa a nosotros es discutir la idea según la cual existiría *un* método que permite obtener una única solución a problemas bien-estructurados. Esta posición se puede criticar a partir de la forma en la cual Jonassen caracteriza los problemas por-estructurar.

Los problemas por-estructurar⁸ conllevan, según Jonassen, una mejor versatilidad en los procesos de resolución de problemas y tendrían dos características: a) poseen múltiples soluciones, diversos caminos para llegar a una solución. También es posible que en este tipo de problemas no se llegue a ninguna solución o que incluso no haya un acuerdo acerca de lo que

constituye una solución apropiada. Y b) no habría reglas generales o principios en la mayoría de los casos. Dadas dichas características se puede plantear de forma negativa que un problema bien-estructurado tendrá entonces un solo camino de solución y ofrecerá reglas generales o principios para su solución en la mayoría de los casos. Además también se puede inferir esta idea, de forma positiva, por medio de una de las características que ofrece el propio Jonassen de los problemas bien-estructurados. Este tipo de problemas, de acuerdo con Jonassen, poseen un proceso único para una solución pre-establecida o como resultado de una preferencia. Las claves para caracterizar entonces un problema bien-estructurado en estos términos es por medio de la especificación de un único camino para lograr una solución óptima. De esta forma, un problema bien-estructurado contaría con un método o proceso para obtener una solución, mientras que el problema por-estructurar contaría con una cierta variedad de métodos o procesos para una o varias soluciones posibles.

Una forma de criticar esta perspectiva es mediante algún contraejemplo. Dicho contraejemplo parece mostrar que algunos problemas bien-estructurados no cumplen con la característica de poseer un solo método o proceso para alcanzar una solución. Las dificultades en el planteo de Jonassen pueden verse en ciertos casos de complejidad computacional conocidos como “*problemas NP-completos*” (“*Nondeterministic Polynomial-time*” o tiempo polinómico no determinista). Los tratamientos más conocidos de la complejidad computacional descansan en las nociones de tiempo y espacio, en donde la complejidad de un algoritmo es el costo, medido en “tiempo de ejecución” (*running time*) o espacio de almacenamiento, o cualquier unidad que sea relevante para resolver problemas computacionales¹⁰(Wilf, 2002, p. 1). A partir de esta caracterización es posible realizar una distinción entre problemas “fáciles” (*easy*) y “difíciles” (*hard*). Si un problema puede ser resuelto en un tiempo polinómico (P), es considerado “fácil”, en caso contrario es considerado “difícil”. Para Wilf (2002, p. 2) en general se estipula que si el tiempo de ejecución es al menos una función polinómica (P) de una cantidad del *input* de datos entonces es un cálculo “fácil”. Se dice entonces que un problema computacional es *tratable* si existe un algoritmo “rápido” que pueda realizar todas sus instancias, mientras es *intratable* si se puede demostrar que tal algoritmo no existe. Los problemas NP-completos son un conjunto de problemas que son aún más difíciles que los problemas “difíciles” (*hard*) y que están contenidos en el conjunto de problemas NP (tiempos polinómicos no determinista). Los problemas NP, corresponden a problemas que son resueltos por procedimientos no secuenciales (paso a paso) pero cuya “solución” puede ser “*reconocida*” en un tiempo polinómico (Aaronson, 2012, p. 7).

Dentro de esta familia de problemas, un ejemplo muy trabajado es el del viajante. Tal problema busca responder a una pregunta simple: dada una lista de ciudades que un viajante debe recorrer para poder vender sus productos, ¿cuál es el camino más corto que el agente debe tomar? No se conoce un algoritmo que permita resolver el problema del viajante de forma “*eficiente*”, sino que se requieren una serie de métodos combinatorios o heurísticos para lograr resolverlo con cantidades de ciudades relativamente limitadas. Podemos dividir los métodos de resolución en dos categorías, por un lado los algorítmicos o “*métodos exactos*” y por otro

los métodos heurísticos o algoritmos de aproximación. Los métodos algorítmicos o “métodos exactos”: generalmente es reconocido por el uso de la *fuerza bruta* que busca analizar todas las combinaciones posibles a partir de un camino propuesto por algún algoritmo (por ejemplo usando extensiones del método de *cutting-plane* o método de los planos de corte)¹¹. Pero las resoluciones por fuerza bruta pueden ser extremadamente lentas (tomó 22 años y 6 meses para resolver con el método *cutting-plane* para 15.112 ciudades) y pueden ser virtualmente imposibles de resolver en tanto se le agreguen cantidades cada vez mayores de ciudades. También se usan métodos heurísticos y algoritmos de aproximación en tanto que persiguen la siguiente regla: “visitar a la ciudad más cercana que no se ha visitado hasta ahora” (algoritmo del vecino más próximo). Luego otro algoritmo de aproximación conocido como el “TSP Euclideo”¹² (*Euclidean Travel Salesman Problem*) desarrollado por Arora y que, según los expertos, se aproxima considerablemente en dar “la mejor” solución posible (Fortnow, 2008, p. 82). El algoritmo del vecino más próximo en cambio puede resolver el problema en un tiempo más razonable para menos de un millón y medio de ciudades.

Se pueden relacionar las ideas de Geffner y Jonassen respecto de los problemas bien-estructurados de la siguiente manera. Por un lado existe una dificultad en la forma de caracterizar a los problemas bien-estructurados entre Geffner y Jonassen. La dificultad se ubica en el nivel de la aplicación de la resolución del problema. Geffner sostiene que la resolución de problemas bien-estructurados aparece como un método de resolución para problemas concretos y específicos (en tanto la generalidad se entiende a partir del grado de adecuación del problema con el modelo). Mientras que para Jonassen la resolución de problemas bien-estructurados está vinculada a problemas abstractos y de resolución general. Sin embargo, ambos acuerdan en que el formalismo matemático implica una manera de reformular a los problemas bien-estructurados como procesos que pueden ser mecanizados (aplicados en computación) o bien como procesos que pueden utilizar reglas generales para solucionar el problema.

Por otro lado, esto nos lleva a la pregunta: ¿es correcto caracterizar a los problemas por-estructurar como problemas que “poseen varios caminos o métodos de resolución”, siendo que en los problemas bien-estructurados se apela también a varios métodos de resolución? La respuesta parece ser negativa. Pero además hay dificultades en las formas de caracterizar ambos tipos de problemas y en los métodos que se pueden utilizar para resolverlos. Una cuestión más general que se puede plantear a la perspectiva de la progresiva automatización de los programas de resolución de problemas es la siguiente: dada la necesidad de la formalización de los procesos que van a ser implementados en una computadora mediante algoritmos, se podría plantear la cuestión de la autonomía de las computadoras. En otros términos esto podría ser visto como el problema del alcance de la automatización del proceso de toma de decisión en situaciones como la planteada por Groopman (diagnóstico médico) y del problema del agente viajante. Esta cuestión, como se buscó ver, está directamente vinculada con la discusión acerca de lo que involucra la caracterización de un problema como bien-estructurado. Estimo que estas cuestiones son cada vez más importantes por la ubicuidad de los sistemas computacionales en

actividades de resolución de problemas. Mayores estudios sobre la relevancia de los vínculos trazables entre las estructuras de problemas y los métodos de resolución disponibles pueden dar respuestas interesantes a situaciones que suelen ser dejadas de lado.

Estas discusiones aportan miradas distintas en lo que concierne a la “automatización” de ciertas maneras de analizar y realizar procesos de tomas de decisiones desde un ámbito al que se denominó con el término controversial de “*Big Data*”. Uno de los intereses que suele persistir con una idea acerca de la automatización del *Big Data* es de poder tratar las famosas tres “V” descritas por el grupo Gartner¹³ (Laney, 2012). Estas tres “V” son la *Velocidad* (que no solo es una velocidad física mediante el desarrollo de nuevos soportes físicos sino también de diseños o arquitecturas de los datos), *Volumen* (que suele estar ligado con la capacidad de almacenamiento de los datos), y *Variedad* (que busca mejorar la compatibilidad entre tipos de documentos y/o lecturas de los datos). Tal como se ha discutido en Reynoso (2014) e Illic (2014) esta caracterización del *Big Data* no es la única y tampoco suele ser claro qué se quiere decir con ese concepto. Lo que sí concierne a este trabajo, es pensar en cuáles problemas podrían encontrarse en la automatización de grandes conjuntos de datos.

Una pregunta importante que se le puede hacer a la automatización, desde lo desarrollado aquí, es la siguiente: dada la necesidad de la formalización de los procesos computacionales mediante algoritmos, ¿es realmente posible pensar en una autonomía total de las computadoras por sí mismas sin la implementación de heurísticas para resolver problemas? Por lo tanto ¿es realmente posible pensar una automatización de la toma de decisiones sin el uso de heurísticas? ¿Cuáles podrían ser las consecuencias de tal planteo? ¿Esto implicaría acaso pensar a todos los problemas como bien-estructurados?

Todas estas preguntas, salvo la última que traté aquí, son abiertas y necesitan ser planteadas en un contexto en el cual el uso de algoritmos es tan importante en la sociedad actual y particularmente en el tratamiento del *Big Data*. De hecho posturas del estilo de Geffner, que ha sido citado al principio, suelen predominar. En donde el énfasis se concentra en el desarrollo casi exclusivo de algoritmos. Por ejemplo en un ámbito de *Big Data* se reconocen ciertos problemas en seguir esas líneas. En Kraiser et al. (2013, p. 1001), se plantea un problema por el uso de algoritmos, que suelen escalar de manera lineal: se vuelven inaplicables pasando una cierta cantidad de datos. Encontrar nuevos algoritmos lleva tiempo o quizás pasado un límite pueden ya no existir, por lo que se usan métodos no lineales (técnicas de *machine learning*, *visualización*, computación en la nube -*cloud computing*-, y algunos más) pero de los cuales no se sabe si podrían tener algún impacto en una escala mayor (Zettabytes).

Es en este contexto que me parece primordial la aplicación de técnicas como la detección de patrones en un conjunto importante de datos que apele al uso de modelos para guiar la búsqueda de datos. Este último punto puede figurar como un límite pragmático para la solución de problemas en contextos de *Big Data*, donde los modelos aparecen como una manera de “achicar” el problema en grandes conjuntos de datos.

La conclusión con respecto en pensar en un algoritmo general como método único y universal

para tratar a un conjunto enorme de datos (*Big Data*) para resolver un problema es negativa. Esto se debe a que no se toma en consideración las diferentes estructuras de los problemas existentes con los métodos de resolución que puedan ser de uso para poder resolverlos.

Notas

1. Se suele traducir a los problemas ill-structured como mal-estructurados. La carga negativa que implica el uso de “mal-estructurado” puede prestarse en español a malas interpretaciones. Estos problemas buscan delimitar un rango que puede ir desde una estructura equivocada para un problema hasta un problema no lo suficientemente definido en su estructura. Por otro lado también abarca a los problemas que se entienden como “cotidianos” y por lo tanto que no cuentan con un formalismo bien-estructurado.
2. Para Geffner estos problemas son “bien-definidos” o “por-definir”. Se cambió la terminología a bien-estructurados y por-estructurar con el fin de evitar demasiadas confusiones.
3. Esta idea es debatida en Giarratano & Riley (1998).
4. Traducción por el autor.
5. Traducción por el autor, paréntesis agregadas por el autor.
6. Se entiende por algoritmo en este trabajo como un método para resolver los problemas en un nivel de aplicación muy específico para problemas particulares. Su proceso se guía por un conjunto de reglas y de instrucciones que suelen ser consideradas como “bien-definidas”, y que se realizan en un conjunto de pasos finitos “razonables” (es decir que el tiempo de resolución del algoritmo no implica escalas temporales demasiado altas). Esta idea de “razonabilidad” es muy arbitraria: por ejemplo puede pensarse en escalas inferiores entre 50 o 100 “años computacionales”.
7. Un sistema experto es un programa computacional que busca reproducir procesos de tomas de decisiones parecidas a las realizadas por los expertos humanos.
8. Jonassen realiza un listado extenso de todas las características que se pueden atribuir a los problemas bien-estructurados y por-estructurar, del cual solo citaremos tres para los fines del argumento.
9. Se busca con este ejemplo mostrar un caso de un problema bien-estructurado. Los métodos tradicionales no lo resuelven, por lo que se apela a varios métodos en paralelo para tratar de resolverlos.
10. Para el tratamiento de este tipo de problemas tomaremos las perspectivas de Wilf (2002), Fortnow (2009) y Aaronson (2012).
11. Este método matemático busca encontrar soluciones enteras a un problema lineal. La idea es ir refinando las soluciones a partir de las posibilidades que otorga el programa hasta llegar a la “mejor solución posible” en tanto que sea lineal y entera.
12. Este método busca el menor costo de un conjunto de puntos en un plano que maneja métricas euclidianas. Ver Arora, (1998).
13. Este grupo de investigación (citando a Doug Laney) serían los responsables de la caracterización de las tres V. Se puede leer una versión online de uno de los artículos en <http://blogs.gartner.com/doug-laney/deja-vvvue-others-claiming-gartners-volume-velocity-variety-construct-for-big-data/>

Bibliografía

- AARONSON, S. (2012). Why Philosophers Should Care About Computational Complexity. En *Computability: Godel, Turing, Church, and beyond*. MIT Press.
- ARORA, S. (1998). Polynomial time approximation schemes for Euclidean traveling salesman and other geometric problems. *Journal of the ACM*, 45(5): 753-782.
- BODEN, M., A. (1977). *Artificial intelligence and natural man*. New York: Basic Books, Inc.
- GEFFNER H. (2010). Heuristics, Probability and Causality: En Dechter, R., Geffner, H., & Halpern, J., (Eds), *A Tribute to Judea Pearl* (pp. 23-43). College Publications.
- GROOPMAN, J. (2008). *How Doctors Think*. Boston: Houghton Mifflin.
- JONASSEN, D. H. (1997). Instructional design models for well-structured and ill-structured problem-solving learning outcomes. *Educational Technology: Research and Development*, 45(1): 65-94.
- KORFHAGE, R., R. (1976). Algorithm. In Ralston, A., & Van Nostrand, R. (Eds). *Encyclopedia of computer science*, (pp. 47-50). New York.
- KRAISLER, S., Armour, F., Espinosa, A., & Money, W. (2013). Big Data: Issues and Challenges Moving Forward. *Presentado en 46th Hawaii international conference on system sciences, Computer society*, (pp. 995-1004).
- LANEY, D., (October, 12, 2012). *Deja VVVu: Others Claiming Gartner's Construct for Big Data*. Retrieved in: <http://blogs.gartner.com/doug-laney/deja-vvvue-others-claiming-gartners-volume-velocity-variety-construct-for-big-data/>.
- LYNCH, C., Ashley, K., Pinkwart, N., & Aleven, V. (2009). Concepts, Structures, and Goals: Redefining Ill-definedness. *Internacional Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 19, 253-266.
- FEIGENBAUM, E., A., & FELDMAN, J. (1963). *Computers and thought*. New York: McGraw-Hill Inc.
- FORTNOW, L. (2009). The status of the P versus NP problem. *Communications of the ACM* 52, no. 9, 78-86. doi:10.1145/1562164.1562186.
- GIARRATANO, J., & Riley, G. (1998). *Expert Systems: Principles and Programming*. Boston, 3rd edition: PWS-Kent Publishing Company.
- ILCIC, A. (2014). ¿Y sí más es menos? Teorías, modelos, (grandes) datos y complejidad. *Presentado en IX encuentro de Filosofía e Historia de la ciencia del cono sur*, Los Cocos, 15-19 de septiembre 2014.
- NEWELL, A. (1980). The heuristic of George Polya and its relation to artificial intelligence. *Presentado en The International Symposium on the Methods of Heuristic*. University of Bern, Switzerland, Sept. 15-18, 1980. (Published in Groner et al. (1983), 195-244).
- REGO, C., GAMBOA, D., GLOVER, F., & OSTERMAN, C. (2011). Traveling salesman problem heuristics: leading methods, implementations and latest advances, *European Journal of Operational Research* 211 (3): 427-441.
- REITMAN, W., R. (1964). Heuristic decision procedures, open constraints, and the structure of ill-defined problems. En Shelley, M., W., & Bryan, G., L., (Eds.), *Humans Judgments*

- and Optimality* (pp. 282-315). New York: Wiley.
- REITMAN, W., R. (1965). *Cognition and Thought*, Wiley, New York.
- REYNOSO, J. (2014). ¿Qué es esa cosa llamada “big data”? *Presentado en IX encuentro de Filosofía e Historia de la ciencia del cono sur*, Los Cocos, 15-19 de septiembre 2014.
- SIMON, H. (1973). The structure of ill structured problem. *Artificial intelligence*, vol 4, 181-201.
- WILF, H. (2002). *Algorithms and Complexity*. Massachusetts, 2nd edition: A K Peters.

La naturaleza de la computación y la computación de la naturaleza

*Andrés A. Ilcic**

Well, Mr. Frankel, who started this program, began to suffer from the computer disease that anybody who works with computers now knows about. It's a very serious disease and it interferes completely with the work. The trouble with computers is you play with them. They are so wonderful.

Richard Feynman

Introducción

Sin duda una de las características más definitorias de nuestro actual mundo tecnológico es desde hace algunas décadas el desarrollo de computadoras, las ciencias de las mismas y las ciencias que han cambiado radicalmente desde que las computadoras se volvieron un método irremplazable para emprender nuestro estudio del mundo. Desde el punto de vista filosófico, estudiar la naturaleza de la computación presenta la posibilidad de enfrentar la conexión entre dos campos que han sido trabajadas por los filósofos y los científicos pero que sigue presentando novedades. Esto se debe a que la computación suele presentarse atada tanto a una noción abstracta y matemática, como a una noción que se desprende de las ambiciones científico-técnicas en el diseño mismo de las máquinas de computar. Es esta una de las razones que hacen que muchas de las preguntas que se presentan en el campo de la filosofía de la matemática y de la filosofía de la tecnología tengan un “análogo computacional”. Ahora bien, uno de los ítems más importantes, desde mi punto de vista, es la conexión entre la física y la computación. El presente trabajo es el primero de una serie que busca comenzar una exploración filosófica de esta conexión, intentando dar una definición de “computación naturalizada”, esto es entender a la computación como un fenómeno natural que ocurre en el mundo y las consecuencias más fuertes que se siguen de sostener esta tesis. Por ser un primer acercamiento a estas cuestiones, las conclusiones que se ven reflejadas son pocas pero sirven para plantear el campo de discusión y abrir nuevas posibilidades de cómo entender al “mundo computacional”.

Se empieza por una breve exposición de las nociones clásicas de computación: máquinas de Turing, el cálculo lambda de Church y las funciones recursivas de Gödel-Kleene. Estos son entendidos bajo el concepto de modelo, que ha sido trabajado en filosofía de las ciencias, con la clara diferencia en que bajo la concepción usual los modelos en las teorías científicas, la construcción de estos suele ser guiada por la teoría mientras que en la ciencia de la computación modelo y teoría se vuelven coextensivos. Expongo brevemente estos modelos que muchas veces son nombrados en la literatura filosófica pero pocas veces se expresa de manera resumida

* Universidad Nacional de Córdoba. ailcic@ffyh.unc.edu.ar

su funcionamiento, con excepción del primer modelo. La segunda parte del trabajo explora las nociones de computación concreta, es decir computación en tanto realizada por un sistema físico.

En esta segunda parte además se hacen explícitos los argumentos que hacen que sea necesario explorar la relación entre la física y la computación, siguiendo a Toffoli (1982) y a Smith (2002). La discusión nos lleva a explorar la naturaleza del universo en términos computacionales, dando lugar a la última sección del trabajo que toma prestado el título de Wheeler (1990) e intenta responder a la pregunta sobre qué tan lejos podríamos llegar con una descripción computacional del universo.

1. ¿De qué habla la teoría de la computación?

La computación se suele definir como una operación que comienza con ciertas condiciones iniciales y un tiempo, y sobre ellas se aplican una serie de reglas de manera tal de producir, en un tiempo distinto, un *output* o resultado que se sigue de esa serie de reglas. Ese conjunto de reglas suele ser llamado algoritmo:

Algoritmo. Def.: una descripción finita de pasos en un procedimiento que se vuelve infalible (foolproof): siempre produce un resultado de un input dado; puede ser implementado en cualquier material ya que su fuerza proviene de una estructura lógica; y los pasos son máximamente tontos, no requieren nada extra para ser llevados a cabo, es decir, nada de tipo intencional.

De la misma manera en que la ciencia hace modelos de los fenómenos en la naturaleza para poder predecir su comportamiento, lo mismo ocurre con la ciencia de la computación. Soy de la creencia de que este fenómeno también es *natural* en el mismo sentido en que lo es un proceso físico, aunque lo es en un sentido muy amplio. Esa amplitud es lo que hace que además de permear muchos aspectos de la naturaleza, sea posible que tantas definiciones bastante diferentes del fenómeno que han sido dadas por científicos y filósofos puedan capturar lo mismo (ser equivalentes) pero nunca de manera completamente abarcadora: siempre dejan algo fuera.¹

Intentemos ahora una definición de computación, lo más abarcadora posible.²

*Computación. Def.: La computación es un método para convertir elementos de un conjunto en elementos de otro conjunto.*³

Usualmente los elementos del conjunto son números, aunque uno bien podría arreglárselas con otra clase de elementos (pagando un precio, normalmente sobre la velocidad del cálculo). Un modelo de computación es una descripción de un método para producir el conjunto de instrucciones necesario para realizar una computación. Durante el siglo XX surgieron muchos de estos modelos. A manera de refrescar, veamos ahora los modelos abstractos (en tanto no consideran los detalles materiales de la implementación) más estudiados. Estos son (1) las máquinas de Turing, (2) el cálculo Lambda de Church y (3) las funciones recursivas

de Gödel-Kleene. Todos surgen, al menos parcialmente, de dar una respuesta posible al *Entscheidungsproblem* o problema de la decisión que fue formulado en la manera en que lo conocemos hoy por David Hilbert en su (1928, 72-3), quien ya lo había anticipado en otro tono como el 2do problema en la famosa conferencia de Paris de 1900, que no es otro que el problema de la consistencia de la matemática.

Las máquinas de Turing son dispositivos hipotéticos propuestos por Alan Turing en 1936, que proveen una formalización de la noción de algoritmo. Consisten en una cabeza de lectura y escritura montada sobre un pedacito infinito de papel que está dividido en pequeñas celdas. El cabezal puede leer, borrar y escribir símbolos sobre la celda, una acción a la vez por unidad de tiempo de acuerdo a un programa que le dice qué hacer en el siguiente instante dado el estado en el que se encuentra ahora. Existe un estado inicial (los símbolos que estaban en el papel antes de empezar) y si hay solución al menos un estado “de parada”, en el que la máquina termina sus operaciones.

(2) Fue Alonzo Church el que notó que los algoritmos pueden ser entendidos como una función matemática que mapea ciertos estados (*inputs*) a otros (*outputs*). Este modelo consiste en un lenguaje de λ -términos y un conjunto de reglas que permiten las transformaciones de estos términos, definidos inductivamente de tal manera de poder dar cuenta de que si x es una variable es un término; si t es un término y x una variable, la λ -abstracción $\lambda x.t$ es un término; y si t y s son términos, la aplicación ts es un término. Los casos interesantes son más complejos como puede ser $(\lambda x(\lambda t_1)).\lambda t_2$ en donde los t son términos y x una variable ligada y toda la fórmula representa una manera de reescribir la expresión de la izquierda reemplazando cada instancia de la variable ligada por λt_2 . (Por ejemplo, $(\lambda x(fx)).b$ es fb). Un programa en este modelo corresponde a la expresión $(\lambda x(\lambda t_1))$ y las condiciones iniciales $.\lambda t_2$. El resultado es un λ -término que resulta de la operación continua del programa aplicado sobre el *input*, un proceso llamado β -reducción y que además de ser el corazón del modelo, nos hace acordar al lenguaje de programación LISP.

(3) La idea detrás de este modelo se le debe a Gödel en 1934, y fue extendido por Kleene durante la década del 1930 pero especialmente en Kleene 1952. Las funciones recursivas generales (FRG) se componen desde un pequeño conjunto dado de reglas que definen funciones sobre el conjunto de los números naturales y con ellas se pueden construir más funciones. Un programa en este modelo es una FRG construida con las reglas más simples, el *input* sobre el que opera el programa es el número natural que se toma por argumento y el resultado de su ejecución es nuevamente un número natural. Por lo general se toman como primitivas las funciones que resultan de estos axiomas:

- _ Una función constante o cero: $\forall x, f(x)=0$
- _ La función sucesor es recursiva primitiva: $s(x)=x+1$
- _ La función proyección: una FRG puede dar como resultado alguno de sus argumentos.

Esto es que para alguna $f(x_1, \dots, x_n)=x_i$

– Composición: una nueva función puede ser definida por la composición de dos o más funciones. Si $f(x)$ y $g(x)$ son recursivas, también lo es $f(g(x))$

– Recursión: las funciones recursivas pueden tener definiciones recursivas.⁴

La equivalencia entre estos modelos es lo que suele ser llamado como *Tesis de Church-Turing*, aunque ninguno de ellos se refirió nunca a sus propuestas como “tesis” sino como “definiciones”. Kleene (1952) se refiere a ellos como “la tesis de Turing” y “la tesis de Church”, y curiosamente con el tiempo el segundo término empezó a referir al primero, quizás del hecho de que la comunidad empezó a igualar “recursivo” con “computable”.

2. ¿Y si la “computación” está ahí afuera?

Ahora ya sabemos qué quiere decir computar abstractamente. Sin embargo, la pregunta que guía este trabajo es si la computación puede entenderse como un fenómeno que está ahí afuera, un fenómeno de la naturaleza. Sin descartar algunas otras posibilidades en el espectro, creo que hay tres formas de encarar la pregunta, que acomodadas en orden de radicalidad de la propuesta se pueden ver como (1) computación concreta; (2) los aspectos físicos de la computación; y (3) la física digital.⁵

En Piccinini (2010) encontramos cinco visiones sobre la computación concreta, es decir de la computación tal y como es realizada por un sistema físico. La primera versión es la de Putnam (1960) que básicamente sostiene aquello que puede ser descrito en términos de una descripción computación está realmente implementando esa computación. Mientras que la primera versión era en términos de máquinas de Turing, Putnam lo extendió a una descripción general de un sistema S que implementa una computación si (i) hay una función que mapea algunos estados de S a estados de una descripción computacional C , y (ii) que para cada transición de estado en C hay una transición análoga en S . La obvia consecuencia de que el conjunto de los elementos que terminan realizando computaciones es elevado puede ser moderada si restringen el tipo de mapeos aceptables, por ejemplo, requiriendo que los mapeos dependan de una relación causal entre los estados, o una que soporte contrafácticos, o una con una descripción disposicional.

Otra de las visiones que podemos encontrar es la de Fodor, a quien le debemos el eslogan “no hay computación sin representación” (Fodor, 1981, 180). Esta postura implica una restricción aún mayor sobre los mapeos, esta vez semántica, en tanto sólo se van a aceptar como descripciones computacionales los mapeos que vayan de estados físicos que cuentan como una representación a los estados computacionales, y es una de las más usadas por los filósofos de la mente. Claro que uno puede no comprometerse con la semántica y hasta dejarla completamente de lado, sosteniendo una postura sintáctica. En ésta, la computación queda ligada a clases de estructuras lingüísticas manipuladas sólo por sus propiedades sintácticas, por lo que sólo de los estados físicos que efectivamente sean considerados como sintácticos se dirán que son computables. Algunos autores han ido tan lejos como para sostener que una sintaxis bien curada puede reemplazar por completo a la semántica. Haugeland, por caso, es uno de los

que sostiene que

de manera tal de establecer la verdad semántica de un símbolo [*token*] en tal sistema [formal], alcanza con meramente probarlo formalmente (jugar el juego). Así es cómo las “dos vidas” de los símbolos se juntan; y es la idea básica detrás de la formalización de la lógica moderna y la matemática. De hecho, dado un sistema formal interpretado con axiomas verdaderos y reglas que preservan la verdad, si te encargas de la sintaxis, *la semántica encargará de ella misma* [if you take care of the syntax, *the semantics will take care of itself*]. (Haugeland, 1981, 44. Énfasis en el original)⁶

La otra postura que se encuentra en la literatura es la del mismo Piccinini (2007, 2008), quien da cuenta de la computación concreta de una manera netamente mecanicista, lo que le permite descartar tanto a la semántica como a la sintaxis puesto que serán considerados como sistemas de computación concretos aquellos sistemas cuyas función mecánica y organización le permita hacer computaciones. Por explicación mecanicista de un sistema X, el considera “una descripción de [un sistema] X en término de los componentes espaciotemporales de X, sus funciones y su organización, al efecto de que X posee sus capacidades a causa de cómo los componentes de X y sus funciones están organizadas” (Piccinini 2007, 506). Sostiene que, en oposición a una simple explicación causal, las explicaciones mecanicistas pueden distinguir entre las operaciones correctas y los errores de dicho sistema, aunque éstas no pueden darnos la razón de por qué algunos sistemas computan y otros no (2007, 508). Acota la computación a aquellas propiedades funcionales que son relevantes para la individuación computacional, es decir a

la presencia en un mecanismo de ciertos componentes (tales como memorias, procesadores, etc.), relaciones relevantes entre los componentes (tales como la transmisión de señales), el estado de estos componentes (tales como letras de un alfabeto discreto y estados digitales monádicos) y las funciones de los componentes (tales como realizar operaciones sobre letras). (Piccinini, 2008, 209).

Bajo esta concepción, entonces, una descripción “abstracta” de un sistema físico es en realidad una descripción de un sistema concreto que omite ciertos detalles, por lo que la computación concreta también puede ser descrita independientemente del medio que la implementa o de la que es una instancia. Como los algoritmos, son independientes del medio.

Si bien la postura de Piccinini me parece de las más interesantes, no creo que sea suficiente para dar cuenta de qué es lo que la computación permite hacer, y es la parte que se deja entrever de los modelos de computación abstractos que presentamos antes y que ahora podemos señalar. Si bien es necesario un mecanismo, no es condición suficiente y lo que hay que agregar es precisamente lo que Piccinini y otros querían dejar afuera: la semántica. Esto se debe a que al querer hacer *algo* con una computación, esa transformación tiene que ser considerada como *significando algo* más. Esa semántica, ese *sentido*, no tiene por qué ser representacional, no es necesario pensar que la computación representa algo intrínsecamente. Así, aunque la

computación ocurre naturalmente en algunos sistemas tanto naturales como artificiales, de manera tal de poder obtener *outputs* que sean útiles, algo *externo* al sistema computacional propio tiene que ser el “agente” que realiza el mapeo. Los sistemas no *computan* por computar, lo que hacen es producir un resultado desde ciertas condiciones iniciales. Y esta forma de colocar las cosas nos trae de vuelta a la física, la segunda forma de responder a la pregunta que señalé antes. La historia de la física y la computación ya es bastante larga pero aprovechemos la ocasión para recordar la conferencia que se organizó entre el 6 y el 8 de mayo de 1981 en el MIT, que buscaba reunir a expertos en las dos disciplinas que creían en la fuerte conexión entre las mismas.⁷ En ella, Tomaso Toffoli, uno de los organizadores, comentaba que cualquier forma de computación, ya sea por un humano o por una máquina, es una actividad física y que de manera tal de computar mejor, debemos descubrir más acerca de cómo funciona la naturaleza, extendiendo a la física misma por medio de la computación. Acerca de la demanda por parte de una nueva física hacia la teoría de la computación, comentaba:

¿Cuáles son las circunstancias que nos llevan a hacer estas nuevas demandas a la teoría de la computación? Mientras que la teoría evolucionó como una rama abstracta de la matemática, ahora nos estamos dando cuenta de que mucha de la computación que queremos hacer está caracterizada por una restricción importante: debe ser llevada a cabo ya en asociación con la naturaleza, ya en contra de ella. Las teorías convencionales de la computación modelan a la naturaleza lo suficientemente bien como para decirnos *qué* puede ser computado, pero no lo suficiente como para decirnos *cómo* computar mejor. (Toffoli, 1982, 167. Énfasis en el original.)

La primera razón por la que una ciencia que puede ser “abstracta” debe considerar a la física, de nuevo siguiendo a Toffoli, es para evitar el platonismo: si bien es posible obtener una descripción abstracta de la información, esa información sólo puede existir si es sostenida por un soporte físico, aunque éste no sea necesariamente *material*, en tanto puede ser bajo la forma de la interacción entre partículas. Por otro lado, también está la conexión entre la computación y la termodinámica, en tanto desde Landauer (1961) sabemos que la computación necesariamente disipa calor al borrar un bit de información. Hace poco esto ha sido verificado experimentalmente por Bérut *et al.* (2012). Por último, Toffoli también nos recuerda que “los mismos axiomas de la computabilidad y de la teoría de la complejidad computacional son una estilización de ciertas restricciones físicas, como Turing y von Neumann ya sabían muy bien” (Toffoli, 1982, 169).

Sin embargo, todavía nos queda la duda de cuál es precisamente el fenómeno *natural* que la computación está modelando. Y éste no es otro que la causalidad misma: *cómo* cambian las cosas, en el sentido más elemental posible de “cambiar”.

Aunque todavía no se la reconoce como tal, la teoría matemática basada en la teoría de la recursión, las máquinas de Turing, los análisis de complejidad y demás —ampliamente conocida como la “teoría de la computación”— no es ni más ni menos que *una teoría matemática del flujo de la causalidad*. (Smith, 2002, 43. El énfasis es nuestro.)

Tenemos aquí nuestro fenómeno. Preguntémosnos, antes de sacar las conclusiones de esta primera exploración, qué tan lejos se puede llegar con una descripción computacional de las cosas.

3. La computadora y el universo⁸

Básicamente, al describir las cosas como una computadora se puede llegar tan lejos como uno quiera. Hay varias versiones de esta posición “pancomputacionalista”. La primera es la versión *ilimitada*, debida básicamente a Putnam y a Searle, que sostiene que cualquier sistema físico lleva a cabo *toda* computación. Otra versión es la llamada interpretativista que sostiene que si se puede ver como una computadora se trata de una computadora. Por otro lado, encontramos una versión limitada que sostiene que todo sistema físico realiza alguna computación o, en una versión más débil aún, unas pocas computaciones. Existe también una versión causal que se sigue de la descripción de la causal de la computación descrita anteriormente en la que si todo tiene una estructura causal, entonces todo sistema causal hace efectiva la computación definida por esa estructura causal. La descripción de la computación como procesamiento de información también puede verse como dando origen a una tesis pancomputacionalista dado que todo estado físico conlleva información. Sin embargo, la tesis más interesante es la versión óptica del pancomputacionalismo que sostiene que en la descripción más profunda posible de todo, el mundo mismo *es* computacional. En esta afirmación es necesario notar que se están haciendo dos afirmaciones, por un lado un enunciado empírico y uno metafísico por otro.

El empírico es sostener la posibilidad de que las magnitudes y transiciones de estado que se dan en una descripción computacional sean tal y como son dadas por esa descripción, esto es, sin aproximaciones. Esta descripción suele venir en dos sabores, uno clásico y uno cuántico. El primero cuenta como modelo por excelencia a los *automata* celulares y fuerza una descripción fundamental del universo en términos discretos en los que cualquier aleatoriedad se vuelve tan solo aparente en el mejor de los casos y en la que no hay magnitudes medidas en números reales. La versión cuántica del pancomputacionalismo no va tan lejos como para requerir que el mundo sea fundamentalmente discreto sino que se contenta con postular una descripción del universo que no hace uso de los dígitos binarios sino de *qudits* (de los que el sospechoso usual es el famoso *qbit*) y que permite un número no denumerable de estados gracias a la superposición cuántica. Si bien es cierto que actualmente nuestras mejores descripciones físicas de los fenómenos básicos respetan las leyes de la mecánica cuántica, puede ser que no sea el caso de *ser* necesario puesto que en principio no hay evidencia en contrario de que el universo pueda ser fundamentalmente discreto. Sigo a ‘t Hooft (2005) en mantener esta tesis, que hace a la condición de posibilidad de la llamada física digital.

El enunciado metafísico que se desprende de esta tesis pancomputacionalista suele ser mantenido también por quienes afirman el empírico pero son lógicamente independientes. Éste sostiene que el universo mismo está hecho de computación, por lo que la computación es ontológicamente anterior a todo lo demás. Esto claramente va en contra de la noción tradicional de que la computación requiere de un substrato físico sobre el que ser implementado; ahora

tendríamos sistemas físicos que computan (“hardware”) construido por una descripción “soft” del universo. Si suponemos que el universo es, por ejemplo, un autómatas celular, la descripción tradicional sostiene que existe *ahí afuera* una entidad física que corresponde a una celda en la grilla. Pero bajo la nueva afirmación ontológica, no hay tal cosa *fundamentalmente*, todo lo que “hay” en el fondo son entidades computacionales.

4. Conclusiones y perspectivas

Hemos visto algunas de las razones por las que creemos que es necesario pensar a la computación en términos físicos y por las que los “procesos computacionales” son en realidad abstracciones de procesos físicos, y también hemos señalado la posibilidad que habría de ir en la otra dirección, esto es de considerar a los procesos computacionales como primitivos y derivar de ellos los físicos. Bajo esta mirada, la computación sería una descripción de qué es posible, en la concepción más amplia de “posibilidad”, y al considerar los aspectos físicos estamos restringiendo ese universo de posibilidades a lo físicamente posible. La noción de mecanismo es incompleta para dar cuenta de qué ocurre en una computación, dado que algo así como una semántica externa va a tener que ser agregada a esa configuración. Otro factor que empieza a aparecer al considerar estos factores es la de información, que ahora hasta surge como un candidato para la base ontológica del mundo.

Si bien hay mucha especulación en todo esto, parece bastante seguro afirmar con Smith que:

Lo que ha sido llamado (y para casi todos todavía es) una “Teoría de la Computación” es de hecho una teoría general del mundo físico —específicamente, una teoría de qué tan difícil es, y qué se requiere, para que partes del mundo en una configuración física cambien a otra configuración física. Se aplica a todas las entidades físicas, no sólo a las computadoras. No es más matemática que el resto de la física, en tanto usa estructuras matemáticas (abstractas) para modelar fenómenos físicos (concretos). A fin de cuentas, entonces, debe ser unida con la física —porque en un sentido es física. (Smith 2002, 42)

Esto nos hace enfrentar la recomendación de rehacer nuestro “mapa intelectual” desde un punto de vista bastante distinto del tradicional. Reconocer que la teoría de la computación es en realidad una teoría general del mundo físico es el eje central y nos lleva a requerir una seria consideración de las tesis de la posición que ha dado a llamarse “física digital” cuyas consecuencias epistemológicas, matemáticas y físicas recién empiezan a ser exploradas y aquí sólo han sido vislumbradas. Un claro ejemplo de esta propuesta, junto con un programa de investigación, es *hacer* un nuevo tipo de ciencia, al estilo de Wolfram (2002), que es un redescubrimiento de una tesis que aparece por primera vez en Zuzze (1967). Está claro que no parece ser el lugar hacia donde la ciencia (ni la física ni la computación) se dirige actualmente, pero en principio nada impide que pueda serlo.

Notas

1. Presumiblemente, esta serie de trabajos también dejen bastante afuera, pero espero que menos. Un hecho curioso parece ser que en las ciencias naturales suele existir una teoría guiando la construcción del modelo (y el modelo haciendo de mensajero entre el fenómeno y la teoría) mientras que en la ciencia de la computación modelo y teoría parecen ser coextensionales.
2. Naturalmente, recurrimos a la teoría de conjuntos.
3. Uno quisiera a veces ser lo suficientemente *quineano* para decir que dada una ontología basada en conjuntos no hace falta más nada para decir que la computación es “natural”.
4. Quizás la tendencia a sólo estudiar el modelo Turing de computación venga por la sugerencia del mismo Gödel, quien reconoció que la formulación de Turing era la mejor: “El progreso más significativo fue posible gracias a la definición precisa del concepto de procedimiento finito [...] Este concepto [...] es equivalente al concepto de una “función computable de enteros” [...]. La forma más satisfactoria, en mi opinión, es la de reducir el concepto de procedimiento finito al de una máquina con un número finito de partes, tal como ha sido realizado por el matemático británico Turing. (Gödel, 1995, 304-5).
5. También creemos que la tendencia de pasar de (1) a (3) es más bien “natural” pero no lo defendemos, aquí, aunque quizás se desliza “naturalmente” en el texto.
6. Todas las traducciones son del autor.
7. Fue en esta conferencia que alguien, Richard Feynman, sugirió por primera vez la necesidad de contar con computadoras cuánticas para poder simular los fenómenos descritos por la teoría cuántica.
8. Como dijimos antes, el título de esta sección se le debe a Wheeler (1982), que es su trabajo presentado en la conferencia que fue mencionada en la sección anterior. Dicho sea de paso, él fue quien acuñó el ahora famoso lemma “It from bit” o de dónde salen las cosas: “*It from bit*. O dicho de otra manera, todo ‘it’—toda partícula, todo campo de fuerza, incluso el continuo espacio tiempo mismo— deriva su función, su sentido [*meaning*], su misma existencia enteramente—incluso si en algunos contextos es sólo indirectamente— de las respuestas inducidas por un aparato a preguntas del tipo sí-o-no, opciones binarias, bits.” (Wheeler, 1990, 5)

Bibliografía

- BÉRUT, A., ARAKELYAN, A., PETROSYAN, A., CILIBERTO, S., DILLENSCHNEIDER, R., & LUTZ, E. (2012). Experimental verification of Landauer’s principle linking information and thermodynamics. *Nature*, 483(7388), 187-189. <http://doi.org/10.1038/nature10872>
- FODOR, J. A. (1981). The Mind-Body Problem. *Scientific American*, 244, 114–25.
- GÖDEL, K. (1995). Collected works, vol. III. *Unpublished Essays and Lectures*. Oxford University Press, New York.
- HAUGELAND, J. (1981). Semantic Engines: An Introduction to Mind Design. En *Mind Design*. MIT Press.
- HILBERT, D., & ACKERMANN, W. (1928). Grundzüge der theoretischen Logik. Berlin, Heidelberg.
- HOOFT, G. ’T. (2001). *How Does God Play Dice? (Pre-)Determinism at the Planck Scale*

- (arXiv e-print No. hep-th/0104219). Recuperado a partir de <http://arxiv.org/abs/hep-th/0104219>
- KLEENE, S. C. (1952). *Introduction to metamathematics*. Wolters-Noordhoff and North-Holland.
- LANDAUER, R. (1961). Irreversibility and heat generation in the computing process. *IBM journal of research and development*, 5(3), 183–191.
- PICCININI, G. (2007). Computing Mechanisms. *Philosophy of Science*, 74(4), 501–526.
- PICCININI, G. (2008). Computation Without Representation. *Philosophical Studies*, 137(2), 205–241.
- PICCININI, G. (2010). Computation in Physical Systems. En *Stanford Encyclopedia of Philosophy*.
- PUTNAM, H. (1960). Minds and Machines. En *Dimensions of Mind* (pp. 57–80). New York University Press.
- SMITH, B. C. (2002). The foundations of computing. En *Computationalism: new directions*, 23–58.
- TOFFOLI, T. (1982). Physics and computation. *International Journal of Theoretical Physics*, 21(3-4), 165-175.
- TURING, A. (1936). On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem. *Proceedings of the London Mathematical Society*, 42, 230–265.
- WHEELER, J. A. (1982). The computer and the universe. *International Journal of Theoretical Physics*, 21(6-7), 557–572.
- WHEELER, J. A. (1990). Information, physics, quantum: The search for links. En (W. Zurek, ed.) *Complexity, Entropy, and the Physics of Information*. Redwood City, CA: Addison-Wesley.
- WOLFRAM, S. (2002). *A new kind of science*. Wolfram media Champaign.
- ZUSE, K. (1967). Rechnender raum. *Elektronische Datenverarbeitung* 8 (1967) 336–344.

Problemática ambiental: tensiones entre la biología de la conservación y el “pensamiento” de la complejidad

Gabriela Klier , Federico di Pasquo †*

Introducción

Desde la década de 1960 los cambios a nivel global efectuados por los humanos sobre los ecosistemas del planeta han sido los más drásticos en términos de extensión e intensidad de toda la historia de la humanidad (MA 2005). Estos cambios visibilizados a través de la creciente deforestación, el calentamiento global, la disminución de la capa de ozono, las alteraciones climáticas, la contaminación ambiental, la desertificación y la masiva extinción de especies en todo el planeta, han sido señalados bajo el rótulo de problemática ambiental. En esta dirección, sea con la publicación del célebre libro de Rachel Carson “Primavera Silenciosa” en 1962 o con la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano en 1972 han surgido en forma de manifestaciones ambientalistas, instituciones, disciplinas o programas gubernamentales, diferentes respuestas a la problemática ambiental.

Es de interés a este trabajo centrarnos en dos áreas que han tomado partido en lo que respecta al ambiente: las ciencias naturales y la epistemología. En particular, este trabajo analizará ciertos aportes de la ecología, la biología de la conservación (BC) y la denominada epistemología de la complejidad. En las ciencias naturales, la ecología ha sido una de las principales disciplinas que ha puesto sus esfuerzos en tratar de comprender y ofrecer respuestas a los problemas ambientales. En este sentido, durante la década de 1980, al seno de la ecología, ha emergido la BC integrando gran parte del marco teórico de la ecología y proponiendo asimismo una perspectiva propia con el objetivo de evitar la pérdida de biodiversidad (Sarkar 2005, Soulé 1985). En cuanto a la epistemología de la complejidad, analizaremos dos autores de relevancia en el área, Rolando García y Edgar Morin, quienes critican la aproximación tradicional de las ciencias naturales, con un carácter fragmentario, reduccionista y analítico, como respuesta exclusiva a los problemas ambientales.

De cuanto hemos dicho, reconocemos dos aproximaciones dirigidas a la problemática ambiental. Por un lado, el de la BC (al seno de la ecología) y por otro, lo que hemos dado en llamar la epistemología de la complejidad. Ahora bien, ¿Cómo se relacionan ambas aproximaciones? ¿Se presenta cierta transversalidad entre las propuestas epistemológicas y metodológicas del pensamiento complejo y la metodología y bases teóricas de la BC? Por lo pronto, reconocemos que ciertos conceptos son utilizados tanto en la epistemología de la complejidad (en las versiones de García y de Morin) como en la BC. Estos conceptos son: holismo, incertidumbre e interdisciplinariedad. Siguiendo en esta línea argumental y con el objetivo de dilucidar cierta

* Universidad de Buenos Aires, CONICET. gabrielaklier@gmail.com

† Universidad de Buenos Aires, CONICET. dipasquof@yahoo.com.ar

relación entre la BC y el pensamiento complejo, indagamos si los conceptos compartidos en ambos campos son caracterizados del mismo modo o bien qué diferencias presentan. A su vez, otra cuestión de interés, se relaciona con el estado actual de la ecología, ya que esta disciplina pareciera intervenir en nuestra reflexión por un doble movimiento. El primero en tanto que brinda el principal marco teórico a la BC y el segundo por ser considerada, principalmente por Morin, como una de las disciplinas que integra algunos aspectos de la epistemología de la complejidad, como ser la interdisciplinariedad, el estudio de relaciones entre entidades y el estudio de sistemas. Siguiendo la clasificación dada por Holling (1998), quien distingue entre una forma analítica de investigación ecológica, respecto de una forma integral u holista, que incluye al hombre como parte de los ecosistema, nos preguntamos cuál de estos modos de ecología es que se retoma en la práctica para estudiar al ambiente.

Para tratar de responder a estos interrogantes el trabajo fue estructurado en cinco apartados. En una primera instancia analizaremos las propuestas de complejidad de García y Morin en torno a los conceptos de holismo, incertidumbre e interdisciplinariedad (segundo apartado). En el tercer apartado, analizaremos la dimensión epistemológica de la ecología, intentando dilucidar si presenta en la actualidad una visión de tipo holista o analítica (siguiendo a Holling 1998). Luego en el apartado cuarto, indagaremos sobre el uso de los conceptos antes indicados al seno de la BC, constatando cómo es que son retomados tales conceptos en esta sub-área. Por último, realizaremos una serie de reflexiones respecto de la relevancia del pensamiento complejo en la BC así como también, analizaremos críticamente el rol de esta disciplina frente a la problemática ambiental (apartado quinto).

La epistemología de la complejidad: holismo, incertidumbre e interdisciplinariedad

Según García, "...los estudios sobre la problemática ambiental han puesto de manifiesto, de manera reiterada, la insuficiencia de las metodologías tradicionales..." (1994, p. 2), por lo que en su obra titulada "La investigación interdisciplinaria de sistemas complejos" (1991), se propone desarrollar un marco conceptual y metodológico para la investigación de problemas ambientales. Caracterizaremos sucintamente tres conceptos recurrentes en la propuesta de García: holismo, interdisciplinariedad e incertidumbre.

Holismo – Para García un sistema complejo es una representación conceptual que parte de un recorte de la realidad compleja y se constituye como una totalidad organizada. Estos sistemas se componen de diferentes subsistemas interdependientes e interdefinidos, cuyas relaciones determinan la estructura del sistema. De este modo se "...excluye la posibilidad de obtener un análisis de un sistema complejo por la simple adición de estudios sectoriales correspondientes a cada uno de los elementos..." (1994, p. 1), rechazando que su estudio pueda efectuarse a través de una aproximación meramente analítica. Llevado a una problemática ambiental particular, como en el caso de un extractivismo minero en un sitio dado, el holismo en García implicaría que la investigación científica debe considerar a todos los subsistemas que pertenecen al sistema complejo (y que engloba aspectos tecnológicos, ecológicos, fisiológicos, geológicos, químicos, entre otros)

de forma irreductible, teniendo en cuenta que tal problemática no es comprensible a través de estudios fragmentados, debido a la interdependencia e interdefinibilidad de los componentes.

Interdisciplinarietà – Otro concepto de gran relevancia en García es el de interdisciplinarietà. Debido a que en los sistemas complejos convergen “...dominios materiales de muy diferentes disciplinas...” (García 2006, p. 33), surge la necesidad de una aproximación que integre diferentes áreas del saber. Es a partir del planteo de un problema y la necesidad de entender las propiedades estructurales o relaciones entre componentes, que el autor sugiere un marco epistémico o conceptual común que pueda considerar la dinámica, estructura y función de los sistemas como un todo. Para esto, García propone la aplicación de una metodología en la que diferentes estudios disciplinares confluyen en un nuevo abordaje dialéctico, que permite conocer no sólo la función y la estructura de un sistema ambiental, sino también sus aspectos dinámicos (ver más en García 1991). Cabe destacar que las áreas de saber consideradas por García para el estudio de un sistema complejo provienen exclusivamente de las ciencias, sean naturales o sociales.

Incertidumbre – Por último, ¿qué ocurre con la noción de *incertidumbre*? Lo primero que debemos aclarar es que debido a la imprecisión conceptual que registramos tanto en la bibliografía referida a la BC como en la bibliografía de Morin y García, vamos a considerar de manera indistinta incertidumbre e indeterminación. Hecha esta aclaración, entendemos por deterministas a todas aquellas situaciones en las cuales a partir del estado de un elemento (o sistema) A , en un tiempo t , podemos predecir el estado de A en $t+1$. De aquí que la incertidumbre o indeterminación, implicaría desconocer la descripción completa del estado de A en $t+1$. En la epistemología de García, debido a la cualidad holista en la que se presenta una interdependencia e interdefinibilidad de las partes y una regulación por “el todo”, cada parte del sistema es considerada como indeterminada o bajo un principio de incertidumbre ya que a través del cambio de una de las partes del sistema no existe una causalidad lineal que permita predecir qué ocurrirá con los otros componentes. ¿Qué ocurre entonces con el sistema total? Si recordamos que el mismo se define como un recorte de la realidad compleja, entonces es a su vez un subsistema, interdependiente e interdefinido. En la realidad compleja que sospecha García, no existen principios deterministas que permitan predecir con certeza el estado final de un sistema luego de una alteración.

Morin, por su parte intenta dar cuenta de la epistemología de la complejidad a partir del contraste con lo que él denomina “paradigma de simplificación” (Morin 2002, p. 3), propio de las ciencias modernas. Para Morin la complejidad es una cuestión ontológica que obliga al surgimiento de una nueva epistemología y por ello señala la necesidad de diferenciar a la complejidad de la complicación; esta última refiere a la insuficiencia metodológica para comprender cuestiones que implican muchas interacciones.

Holismo – Para caracterizar el holismo en Morin conviene comenzar con su crítica a los principios de reducción y elementalidad: lo que se deja de lado al considerar sólo los elementos o partes de un fenómeno es la importancia de las relaciones. Esta última afirmación se vincula con su crítica al estudio de entidades aisladas de su ambiente. Entender una entidad sólo es posible si se la sitúa en su ambiente y se comprenden las relaciones entre ésta y el medio que la

rodea. La historia e interacciones constituyen aspectos no reductibles a los componentes. De este modo, el autor propone un abordaje epistémico holista en el que los estudios científicos integren las relaciones entre componentes y la dimensión temporal o histórica de cada fenómeno.

Interdisciplinarietà – La interdisciplinarietà constituye para Morin una aproximación metodológica necesaria para superar el paradigma simplificante. Resulta interesante destacar que su crítica a la hiperespecialización encuentra su contraparte en la ecología como modelo interdisciplinario:

...la ecología constituye «una ciencia de nuevo tipo» que, contrariamente al dogma de la hiperespecialización que ha regido el desarrollo de las disciplinas científicas, exige un saber global competente en diferentes dominios. El pensamiento ecologizado posee un «aspecto paradigmático», pues rompe con el paradigma de simplificación y disyunción y requiere un paradigma complejo de la auto-eco-organización. (Morin 1996, p. 1)

De acuerdo con la cita, en la ecología convergerían diferentes disciplinas (siempre científicas), que permitirían una nueva forma de conocimiento acorde al pensamiento complejo.

Incertidumbre – Por último, Morin sostiene un principio de *incertidumbre* o indeterminismo ontológico que rehusa sobre la concepción clásica de leyes deterministas que rigen el Universo, planteada desde las ciencias naturales. En este sentido, para Morin todo fenómeno tiene tanto aspectos aleatorios como deterministas y por ello el aumento de la complejidad implicaría un aumento tanto en el orden y en la organización como en el desorden.

Hasta aquí hemos precisado una triple vinculación entre la problemática ambiental, el pensamiento complejo y la ecología. La epistemología de la complejidad se plantea como una respuesta para la resolución de problemas ambientales en García y a su vez la ecología ha sido presentada como una disciplina que podría integrar el nuevo paradigma complejo, al menos para Morin. En el siguiente apartado, realizaremos un análisis sobre el estado actual de la ecología, considerando que fue la disciplina “madre” de la BC y la disciplina modelo de la epistemología compleja para Morin.

La ecología, ¿una disciplina compleja?

Aproximadamente, durante la segunda mitad del siglo XX la ecología ha sufrido una notable proliferación, la cual quedó reflejada por la variedad de sub-disciplinas que se han establecido en su seno (Pickett *et al.* 2007). Como ejemplos de esta variedad sub-disciplinar, se pueden mencionar: la ecología del comportamiento, de poblaciones, de comunidades, de ecosistemas, la ecología del paisaje, la macroecología, la ecofisiología, entre otras. A grandes rasgos, la proliferación de estas sub-áreas ha ido acompañada de un proceso de fragmentación, el cual ha derivado no sólo en ciertas dificultades para integrar los distintos enfoques de cada sub-área sino que también ha generado inconvenientes vinculados con la unificación conceptual de la disciplina (Cruz *et al.* 2007). Dicho con otras palabras, cada sub-área de la ecología ha desarrollado puntos de vistas conceptuales, hipótesis, métodos y hasta un lenguaje propio, por medio de los cuales estableció una distancia con respecto de otras sub-áreas de la disciplina. En

esta misma línea argumental, se mencionaba:

...Con el desarrollo de las subdisciplinas, los vacíos en nuestro conocimiento aparecen en las interfaces entre estas subdisciplinas. Por ejemplo, la ecología del paisaje se enfoca en la heterogeneidad espacial de los sistemas ecológicos, mientras que la ecología de ecosistemas se enfoca sobre los flujos de materia y energía dentro de los ecosistemas. El vacío que ha surgido entre estas disciplinas es el papel de la heterogeneidad espacial en el control de los flujos ecosistémicos. Actualmente, se está intentando una integración para zanjar estos vacíos. [A la vez], como las subdisciplinas se vuelven ricas en detalles, desarrollan sus propios puntos de vista, hipótesis, definiciones, léxicos y métodos. Un resultado negativo es que, en muchos casos, el mismo término puede tener diferentes significados en diferentes subdisciplinas. (Pickett *et al.* 2007, p. 7-8)

De acuerdo con la cita, esta separación entre distintas sub-áreas de la ecología derivó en resultados negativos para la disciplina, tal como en los casos donde un mismo término tuvo asociado más de un significado. De aquí que este proceso de fragmentación al seno de la ecología, no sólo quedó reflejado por una proliferación sub-disciplinar sino que también encontró un correlato de orden conceptual, donde se reconocieron por lo menos dos grandes ejes teóricos: el primero ejemplificado por el enfoque de la ecología de poblaciones y el segundo por la ecología de ecosistemas. Una primera distinción que pudo ser introducida entre ambos, fue que el enfoque poblacional se focalizó sobre el organismo y el enfoque ecosistémico sobre los flujos de materia y energía. Así, mientras el enfoque poblacional trabajó sobre poblaciones y comunidades compuestas por la interacción dada entre distintos organismos (de la misma especie o de especies diferentes respectivamente), el enfoque ecosistémico se dirigió al estudio de los patrones de flujos de materia y energía y a los procesos que controlaban dichos flujos. A la vez, el enfoque poblacional enfatizó sobre el análisis de patrones, procesos y mecanismos que afectaban la distribución y la abundancia de los organismos en el espacio y en el tiempo, dejó de lado el análisis de los factores abióticos usualmente considerados como “fuerzas externas” que alteraban la dinámica de esas poblaciones y comunidades. Por el contrario, el enfoque de ecosistemas, ha incluido explícitamente los factores abióticos, considerándolos como una parte inherente al sistema bajo estudio:

Como representantes del paradigma poblacional, Begon y colaboradores (1996) enfatizaron en el organismo individual o en las poblaciones y comunidades compuestas por organismos individuales, como las unidades básicas de estudio. El paradigma de la ecología de poblaciones abordó patrones y causas de los cambios en la distribución y en la abundancia de los organismos, en el espacio y en el tiempo. En la mayoría de los casos, el ecosistema que contiene a la población se tomó como algo dado, en nombre de la simplicidad. Por lo tanto, para responder a las preguntas comúnmente planteadas por los ecólogos de poblaciones, los cambios en los flujos de materia y energía no han sido generalmente bien conectados con la dinámica del organismo. Como ejemplo del paradigma ecosistémico, Odum (1971) enfatizó en el flujo de materia y energía en los sistemas ecológicos, los cuales vinculó con su atención sobre la fisiología, en el ámbito orgánico de la ecología. La visión común del paradigma

ecosistémico, se focaliza en los patrones de los flujos de materia y energía y en los procesos que los controlan. El ambiente abiótico es incluido explícitamente en el ecosistema y, por necesidad, el complejo integrado por la dinámica y la heterogeneidad de los organismos fueron a menudo una “caja negra” o fueron tratados como si el mecanismo operara en una caja cerrada, fuera del examen. (Pickett *et al.* 2007, p. 11)

Siguiendo la extensa referencia dada por Stewart Pickett y colaboradores, los enfoques ecosistémico y poblacional expresaron cierto grado de fragmentación en el orden conceptual de la disciplina. Esta tendencia hacia una mayor fragmentación, sea de orden conceptual o sub-disciplinar que puede reconocerse en la ecología, encuentra un correlato con otra tendencia que puede destacarse en su seno: una tendencia analítica. En este respecto Holling (1998) destacaba dos corrientes al seno de la ecología, una holista o integrativa y otra analítica. De esta última corriente mencionaba como sus aspectos relevantes, el estar caracterizada por aproximaciones experimentales, reduccionistas y justamente, por tener un carácter fuertemente disciplinar.

Respecto de lo dicho, pueden componerse las dos consideraciones antes presentadas. Por un lado, la idea de una fragmentación en la ecología y por otro, el reconocimiento de una corriente analítica al seno de la ecología (Holling 1998). Así, la fragmentación en sub-disciplinas parecería responder, o al menos ser concordante, con la desintegración del objeto indagado. En este sentido, buena parte de la ecología disciplinar podría ser considerada como una “ciencia de las partes”, en tanto que sus diferentes sub-áreas indagan o refieren, a los distintos componentes y/o niveles del sistema que se considere. Ahora bien ¿cuál fue el objetivo de presentar a la ecología como una “ciencia de las partes”? ¿Por qué introducir a la corriente analítica? Y ¿por qué reconocer cierto grado de fragmentación al seno de la ecología? Una respuesta inmediata para estas preguntas, es reconocer en la BC una de las sub-disciplinas que hacen a la fragmentación de la ecología. A su vez, otra respuesta no menos importante, es reconocer en esta ecología fragmentada y analítica el contexto disciplinar a partir del cual la BC emergió. En esta línea argumental, la caracterización dada de la ecología permite dar una idea de los elementos teóricos-conceptuales, experimentales y fenomenológicos con las que contó la BC. De este modo, parece poco arriesgado sugerir que al menos inicialmente, la BC descansó más sobre enfoques analíticos, experimentales y, utilizando herramientas conceptuales referidas a las partes de un sistema más que a su integración. De este modo, la BC emerge desde una ecología analítica, la cual no parece coincidir con aquella ecología “compleja” e integradora que presenta Holling y sugiere Morin.

La biología de la conservación: holismo, incertidumbre e interdisciplinariedad

Como hemos señalado previamente, la BC se originó como respuesta a la creciente pérdida de biodiversidad, expresada a través de la pérdida de ecosistemas, extinción de especies, disminución de la variabilidad genética, entre otros (Sarkar 2004, Soulé 1985). Sus bases, teóricas y metodológicas, se fundan con el artículo de Soulé (1985) titulado: “*What is conservation biology?*”. En este ensayo ya se postulaban algunas características del área que son de interés para el presente trabajo: la BC se presenta como un campo holista, interdisciplinario

y que considera la incertidumbre. Veamos más en profundidad a qué refieren estos postulados.

Holismo e interdisciplinariedad – El *holismo* en la BC, aparece en el artículo de Soulé en al menos dos sentidos. El primero presenta al holismo como antítesis del reduccionismo: los procesos ecológicos y evolutivos deben ser estudiados desde el nivel donde acontecen. Por lo general, estos procesos (sean ecológicos o evolutivos) descansan sobre los niveles superiores de las jerarquías biológicas y por lo tanto, no deben ser abordados desde los niveles inferiores de la misma. Soulé señala además, que este holismo tiene carácter científico: “...uno [no] pude indagar en los aspectos funcionales de los sistemas complejos sin estudios científicos y tecnológicos de los componentes individuales.” (1985, p. 728). Acompañando la cita de Soulé, el ambiente es considerado como un sistema complejo que se puede comprender a partir de estudios científicos dirigido a las partes y a sus interacciones. El otro sentido *holista* que puede rastrearse al seno de la BC, se vincula estrechamente con un enfoque *interdisciplinar*:

La segunda acepción del término holismo refiere a la suposición de que los enfoques multidisciplinarios son en última instancia los más fructíferos (1985, p. 728).

En esta dirección, Soulé considera que la integración disciplinar es la modalidad más eficiente de conservar la biodiversidad. Vemos así que en este artículo los conceptos de holismo y de interdisciplinariedad parecen fundirse. Soulé señala que para comprender la crisis de la biodiversidad resulta necesaria la integración disciplinar de conocimientos provenientes de diferentes áreas, siempre científicas. La relación entre disciplinas pareciera implicar que cada una de las áreas del conocimiento que participan en la BC aporta diferentes aspectos aislados mientras que los biólogos de la conservación sintetizarían estos aportes para realizar un programa de conservación.

Incertidumbre – Para el concepto de *incertidumbre*, también se pueden reconocer dos acepciones diferentes. La primera, tiene que ver con la característica principal de la BC según Soulé, la de ser una “disciplina de crisis” (1985, p. 727). Al operar la BC en un horizonte de crisis, tiene como una de sus metas principales actuar si tener toda la información disponible, dicho en palabras de Soulé: “...tolerar la incertidumbre es comúnmente necesario...” (1985, p. 727). De aquí que la incertidumbre pareciera ser simplemente una consecuencia de la acción urgente. Esto puede entenderse de la siguiente forma: si bien podríamos conocer todos los aspectos y así predecir cuáles serán los efectos de nuestras acciones, es primordial actuar y por ende tenemos que lidiar con la incertidumbre. La segunda acepción de *incertidumbre*, se presenta cuando se proponen una serie de postulados funcionales al interior de la BC. Uno de estos postulados es la afirmación sobre la interdependencia entre las especies en un ecosistema, sugiriendo que siempre habrá algún tipo de incertidumbre respecto de las relaciones entre especies y de sus efectos frente a perturbaciones. Vale la pena señalar que esta acepción de incertidumbre resulta similar a la noción de indeterminismo presentada en el pensamiento complejo de García, mientras que la primera se asemeja a la noción de complicación en Morin.

La práctica de la BC – Veamos qué ocurre en la práctica de esta disciplina, ¿se aplican de algún modo las propuestas de holismo, interdisciplinariedad e incertidumbre? Probablemente el

principio de *interdisciplinariedad* sea el más fácil de indagar. ¿Se integran disciplinas diferentes a la ecología, en los estudios de la BC? La respuesta parece ser bastante contundente: no. La mayor parte de las publicaciones del área se realizan bajo un marco teórico casi exclusivo de la biología, soslayándose casi todo saber proveniente de las ciencias sociales y definitivamente soslayándose todo saber considerado no científico (Fazey *et al.* 2004, Sarkar 2005). En relación con la noción de *holismo*, ha de destacarse que casi todos los estudios se concentran en el nivel poblacional o específico, dejándose de lado no sólo la interacción entre especies propia de una comunidad sino también, las interrelaciones entre los organismos y el medio abiótico propio de los ecosistemas (Fazey *et al.* 2004). ¿Qué ocurre con el *indeterminismo*? Muchos de los modelos aplicados a la BC son de carácter determinista, tales como el modelo de mínima población viable o el modelo de biogeografía de islas (Sarkar 2014). Es decir, bajo estos análisis podríamos interpretar que la BC incorpora el paradigma poblacional y analítico de la ecología, distanciándose fuertemente de la idealización de una “ecología compleja”, tal como la concebía Morin.

Pese a lo dicho, también es importante destacar que en los últimos años se han gestado diferentes aproximaciones al seno de la BC, las cuales intentan incorporar el enfoque de la teoría de sistemas junto con una metodología dialéctica que permitiría integrar la dinámica de los sistemas naturales. Podemos señalar aquí el denominado “planeamiento sistemático de conservación” postulado por Margules y Pressey (2001), el cual reconoce instancias de planificación y monitoreo de una reserva, con fases reiterativas que integran aspectos dinámicos. Otro ejemplo, es la propuesta de una conservación de la biodiversidad a través del paradigma de los sistemas socio-ecológicos (Berkes y Folke, 1998). En relación con esta última propuesta, la siguiente cita permite evidenciar cierta correspondencia entre la propuesta de manejo de los socioecosistemas y la epistemología de sistemas complejos de García:

El término de sistema socio-ecológico se utiliza para referirnos a un concepto holístico, sistémico e integrador del “ser humano-en-la naturaleza”. Por tanto se entiende como un sistema complejo y adaptativo en el que distintos componentes culturales, políticos, sociales, económicos, ecológicos, tecnológicos, etc. están interactuando. Esto implica que el enfoque de la gestión de los ecosistemas y recursos naturales, no se centra en los componentes del sistema sino en sus relaciones, interacciones y retroalimentaciones (Farhad 2012, p. 265)

Si bien podríamos inferir que estas nuevas perspectivas integran de forma más o menos explícita algunas propuestas epistemológicas y metodológicas del pensamiento complejo, no obstante, el marco teórico poblacional sigue siendo el preponderante en la BC. Así, las investigaciones dadas al seno de la BC, no sólo suelen dejar de lado los componentes abióticos de los ecosistemas y las relaciones entre sus distintos elementos, sino que también excluyen el factor social de la problemática ambiental.

Conclusiones

Durante el recorrido trazado, hemos visto que las dos propuestas analizadas sobre la epistemología de la complejidad, de Morin y García, presentan diferencias significativas. Con todo, tienen

ciertos puntos en común, los cuales vale la pena destacar a los fines de nuestro trabajo. Estos aspectos compartidos entre ambas propuestas son: una crítica a la aproximación reduccionista y analítica de los estudios de las ciencias naturales, la necesidad de integración de los aspectos sociales para el estudio del ambiente y también, una perspectiva no determinista. Otro aspecto que puede destacarse del análisis presentado se vincula con la idea de Morin sobre la ecología, en la medida en que presenta a esta disciplina como aquella que adopta una perspectiva de la complejidad. Sin embargo, hemos intentado argumentar que la ecología ha sufrido un fuerte proceso de fragmentación y descansa bajo un marco analítico propio de la ecología de poblaciones a la vez que deja de lado las interacciones contempladas por el enfoque ecosistémico.

Respecto de la BC, se puede reconocer en esta primera aproximación, una caracterización de los conceptos analizados (holismo, incertidumbre e interdisciplinariedad) que difiere de las propuestas propias de la epistemología de la complejidad (se trate de García o de Morin). Pero además tampoco se reconoce en la práctica de esta sub-área, la incorporación efectiva de estos conceptos en cualquiera de sus formas. En esta línea argumental, podemos concluir que la BC como “buena hija” de la ecología, parecería mantener el marco teórico madre y regirse también bajo el paradigma poblacional de corte analítico. Esto último, no sólo se expresa a través de la monopolización disciplinar en los artículos de la BC sino también en la centralidad que tiene el estudio de las especies o de poblaciones aisladas en la mayor parte de los estudios específicos del área. Esta centralidad en las partes o en los elementos por sobre las relaciones, es correlativa a lo que Hulswit (2005) denomina como la “adicción occidental a la sustancia”, señalando que un cambio de explicación centrado en las relaciones “debería hacer justicia a la primacía de los procesos y los eventos [sobre las cosas]” (p. 283).

Llegados a este punto, sostenemos que para apelar a un cambio que se aproxime a una perspectiva compleja, la BC debería incorporar una visión sistémica y “relacionista”, que permita una integración no sólo de otras entidades que conforman el ecosistema (como los componentes abióticos) sino también, de aspectos sociales. Como ya han señalado Freyfogle y Newton (2002), es necesario que la BC se esfuerce por comprender las formas de manejo de biodiversidad, enfocando su estudios en las interacciones ecológicas y en la salud ambiental, en vez de centrarse exclusivamente en las partes aisladas de las comunidades. Para concluir, quisiéramos destacar la perspectiva de Enrique Leff (2007) sobre la complejidad ambiental, la cual difiere en varios aspectos respecto de las propuestas aquí consideradas (sea de la BC como de la epistemología de la complejidad). Para este autor, una visión compleja que conforme un saber ambiental no sólo implica una interacción entre disciplinas científicas sino que debe forjarse a través de un “diálogo de saberes”(p.14) que comprenda el sentido simbólico de la naturaleza y sus vinculaciones culturales, integrando diferentes saberes científicos, saberes locales, saberes indígenas, entre otros. En esta dirección, abogamos porque la conservación interiorice una perspectiva pluralista, que permita la integración de diferentes voces a través de aproximaciones locales y a su vez reniegue contra un saber universalizador, que desoiga los intereses de cada pueblo y cultura singular.

Bibliografía

- BERKES, F. Y FOLKE, C. (1998). *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge: Cambridge University Press.
- CRUZ, L.; ROCHA, P. Y EL-HANI, CH. (2007). A prática científica na ecologia de comunidades: diálogos entre empirismo e teoria na literatura científica. *Filosofia e História da Biologia*, 2, 257-278.
- FARHAD, S. (2012). Los sistemas socio-ecológicos. Una aproximación conceptual y metodológica. *XIII Jornadas de Economía Crítica*, 265-280.
- FREYFOGLE, E.T., Y J.L. NEWTON. 2002. Putting science in its place. *Conservation Biology* 16:4, 863–873.
- FAZEY, I., FISCHER, J. Y LINDENMAYER, D. (2005). What do conservation biologists publish? *Biological conservation* 124 (1), 63-73
- GARCÍA, R. (1991). *La investigación interdisciplinaria de sistemas complejos*. Buenos Aires: UBA-Centro de estudios avanzados
- GARCÍA, R. (1994). Interdisciplinariedad y Sistemas complejos en Leff, E. (comp.), *Ciencias Sociales y Formación Ambiental*. Barcelona: Gedisa
- GARCÍA, R. (2006). *Sistemas Complejos*. Barcelona: Gedisa
- HOLLING, C. S. (1998). Two cultures of ecology. *Conservation Ecology*, 2 (2): 4
- HULSWIT, M. (2005) “How causal is downward causation?” *Journal for General Philosophy of Science* 36 (2), 261-287
- LEFF, E. (2007). *Saber ambiental*. México: Siglo Veintiuno.
- MARGULES, C. R., Y PRESSEY, R.L (2000). Systematic Conservation Planning. *Nature* 405: 242–253
- MA MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington: Island Press
- MORIN, E. (2004). Epistemología de la complejidad. *Gazeta de antropología* 20:02.
- MORIN, E. (1996). El pensamiento ecologizado. *Gazeta de antropología* 12:01
- PICKETT, S. T. A.; KOLASA, J. Y JONES, C. G. (2007) *Ecological understanding*. United States of America: Elsevier.
- SARKAR, S. (2005). *Biodiversity and Environmental Philosophy: An Introduction*. Cambridge: Cambridge University Press
- SARKAR, SAHOTRA, (2014) “Conservation Biology”, The Stanford Encyclopedia of philosophy, Edward N. Zalta(ed.),
URL = <http://plato.stanford.edu/archives/win2014/entries/conservation-biology/>.
- SOTOLONGO CODINA, P.; Delgado Díaz, C. (2006). CAPÍTULO IX. COMPLEJIDAD Y MEDIO AMBIENTE” EN *La revolución contemporánea del saber y la complejidad social. Hacia unas ciencias sociales de nuevo tipo*. Buenos Aires: CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales
- SOULÉ, M. E. (1985). What Is Conservation Biology? *BioScience* 35: 727–734.

Hacia una concepción relacional del poder

Esteban Leiva, Pastor Montoya *¹

Introducción

En debates recientes en el campo de las ciencias sociales, se ha reconocido la necesidad de distinguir entre ‘poder sobre’ (*power over*), que implica una relación asimétrica entre dos o más sujetos; y ‘poder para’ (*power to*), consistente en la habilidad de un sujeto para lograr por sí mismo ciertos resultados específicos (Göhler, 2009). Uno de los análisis comprensivos más influyentes fue propuesto por Peter Morriss (2002): el ‘poder para’ tiene una naturaleza disposicional, refiere a ciertas capacidades relativamente estables de los sujetos, a propiedades no directamente observables que mantienen aún cuando rara vez las ponga en ejercicio. El poder como capacidad, destreza o habilidad, se diferencia del ‘poder sobre’ en que no es ‘relacional’; nace de la intención de un sujeto de efectivizar, llevar a cabo o producir, un resultado.

Pamela Pansardi (2010, 2012) propuso reconciliar estas caracterizaciones bajo el paraguas de una interpretación relacional: las relaciones sociales que conforman la base del ‘poder para’, son relaciones específicas de ‘poder sobre’. Haciendo a un lado las habilidades individuales consideradas aisladamente, como movilización de recursos internos en ausencia de otros, Pansardi nos brinda una comprensión social del poder. El poder de un individuo es definido por sus posibilidades para actuar en un contexto social. Si bien las habilidades individuales pueden encontrarse en la base del poder, no son equivalentes al mismo, ya que el poder está específicamente conformado por un contexto de oportunidad. Por ejemplo, lo que se pone en juego en la construcción de una vivienda varía, fundamentalmente, si se trata de una choza en una isla desierta (à la Robinson Crusoe) o de una casa que debe contar con proveedores y atenerse a un marco jurídico urbanístico. En el primer caso, se trata de una habilidad individual, en el segundo, de un poder social que involucra toda una serie de instituciones.

La hipótesis que anima el presente trabajo, apunta a considerar que la comprensión social del poder de Pansardi puede inscribirse en alguna versión de las teorías co-deterministas en sociología: el universo social y su evolución se explican como efecto de interacciones entre estructuras sociales y agencia, como manifestación de poderes entrelazados que lo reproducen o transforman. François Dépelteau (2008), siguiendo a Mustafa Emirbayer (1997), emprende un ataque directo a las teorías co-deterministas por considerar que representan una versión inadecuada de la perspectiva relacional: la relación es algo que se agrega a dos entidades reificadas, la estructura y la agencia le preexisten.

El punto de partida de la crítica de Dépelteau es la distinción establecida por John Dewey y Arthur Bentley (1949) entre enfoques sustancialistas y relacionales de la acción. Ellos distinguen

* Universidad Nacional de Córdoba

entre, por un lado, acciones auto-orientadas e independientes, inter-acciones o interconexiones causales entre entidades, y, por otro, trans-acciones. En ésta última, los sistemas de descripción y nominalización que aplica el análisis científico son aspectos o fases de la acción, no se trata de fijar, en forma definitiva de una vez para siempre, un universo de elementos, entidades, esencias o realidades, presumiblemente separables o independientes. En la trans-acción, no se trata de efectuar estas atribuciones suponiendo relaciones aislables o discretas, además de elementos que pueden separarse, tal como lo proponen las teorías co-deterministas de lo social al asumir la posibilidad de distinguir entre estructura y agencia individual.

Suponiendo que es posible asimilar la definición de poder de Morriss al modelo de la auto-acción, interpretamos el de Pansardi como afín a las concepciones co-deterministas o de la inter-acción que describimos en la sección III. Realizado esto, luego exponemos la perspectiva de la trans-acción, pues nos permite avanzar sobre una concepción genuinamente relacional del poder (sección IV). Pero antes que nada, en la sección siguiente, consideremos puntualmente la propuesta de Pansardi de reconciliar las dos formas de poder mencionadas en un 'poder social'.

'Poder sobre' / 'poder para', una pretendida conciliación relacional

En lugar de indicar dos conceptos bien definidos, para Pansardi (2010, 2012) las expresiones 'poder para' y 'poder sobre' designan dos grupos diferentes de concepciones del poder que, sin embargo, carecen de fronteras precisas. Si bien es cierto que esta distinción se emplea para referir a concepciones competitivas de la naturaleza del poder, ella no trata de terciar en la disputa entre una definición basada en la 'capacidad' y una 'relacional'. Tampoco se trata de buscar una definición abstracta que incluya los elementos invariables de su significación, ni proporcionar para cada uno una interpretación particular y detallada, de acuerdo con la posición teórico-normativa que se propone. En este sentido, por ejemplo, se ha empleado 'poder sobre' como sinónimo de 'dominación', y 'poder para' como equivalente a empoderamiento. Puntualmente, Pansardi argumenta que las relaciones sociales sobre las que se basa necesariamente el 'poder para' son relaciones específicas de 'poder sobre'. Por consiguiente, a pesar de sus diferentes definiciones, ambos poderes sirven para denotar la misma categoría de hechos sociales.

La propuesta de Pansardi cuestiona el criterio principal que se ha empleado para distinguirlos: la naturaleza relacional del 'poder sobre', su causación social, en oposición a la naturaleza disposicional, de capacidad, del 'poder para'. Esta distinción es más débil de lo que parece porque el concepto de 'poder para' debe ser entendido en dependencia de relaciones sociales. Las capacidades para actuar que uno tiene, las que comúnmente integran el 'poder para' y se diferencian de las oportunidades (*abilities*), o la capacidad efectiva de desempeñarse con éxito dada la oportunidad (*ableness*), son constituidas en relaciones con otras personas, grupos e instituciones. Cuando nos interesamos por el 'poder para' de un individuo en nuestras sociedades, nos enfocamos en su capacidad efectiva y no meramente en su capacidad genérica. Que alguien pueda comer, no implica la mera capacidad de ingerir sino la disponibilidad de medios o recursos que sirven de alimentos.

Mientras el 'puede' de la capacidad refiere a la cadena de acciones básicas que un individuo está en condiciones subjetivas de ejecutar, el 'puede' de la oportunidad resulta más difícil de definir. Con la excepción de las pocas situaciones en las cuales el individuo aislado puede ejecutar una acción básica, la mayoría de las capacidades para actuar que un individuo posee como actor social dependen de factores externos. El contexto de oportunidades juega incluso un papel mayor en la capacidad efectiva que su capacidad genérica. Al margen de un contexto dado, no podemos decir nada sobre las capacidades genéricas de un individuo ni comparar las de individuos diferentes. Si a pesar de estas dificultades, sostenemos que se dan capacidades genéricas diferentes, el contexto de oportunidad puede operar para mitigarlas o hacerlas irrelevantes, y es para evaluar lo que ellos efectivamente pueden lograr, lo que realmente son capaces de hacer dadas sus circunstancias.

Como vemos, Pansardi atribuye una importancia decisiva al contexto de oportunidad de las acciones individuales. Para explicarlo efectúa algunas conjeturas que refieren a las relaciones sociales en las cuales el individuo se encuentra, y que pueden ilustrarse con diversos casos: a) Para construir una cabaña en una isla desierta, el poder de Robinson Crusoe depende de su fuerza física, su saber cómo y los recursos naturales disponibles; b) Para llevar a cabo esta acción, contra la oposición de Viernes, su poder también implica el de impedir su interferencia; c) El poder de un individuo urbano moderno para construir una casa requiere de la colaboración de otros y del cumplimiento de un sistema legal; d) El poder de una autoridad gubernamental para llamar a elecciones depende, además de la legalidad y la colaboración de otros, específicamente, de su rol institucional. En esta sucesión de casos ilustrativos, el paso de la capacidad genérica al desempeño efectivo (caso a), del 'poder para' al 'poder sobre' requiere un análisis de las condiciones externas (caso b) y de las condiciones sociales de la acción (caso c). Es sencillo observar que el contexto de oportunidad juega, cada vez más, un papel de importancia creciente. En el caso d, el poder gubernamental depende enteramente de un arreglo institucional en un espacio y un tiempo determinado. Pero incluso el desarrollo de las capacidades mentales y físicas que Robinson pone en juego, han requerido de la interacción pasada con otras personas e instituciones. Al menos desde el caso b, se hace evidente no sólo que el contexto de oportunidad es constituido por relaciones sociales sino que estas mismas relaciones implican, específicamente, relaciones sociales de 'poder sobre'. El poder de Robinson para cambiar la estructura de incentivos de Viernes, el del individuo moderno para que otros actores le ayuden y el poder del gobernante, son idénticos a su poder sobre los demás.

De acuerdo con este análisis, adscribir a un individuo un 'poder para' es hacer referencia implícita a relaciones sociales en las que éste se encuentra. Pero en un nivel extensional, no se da una equivalencia perfecta sino una cuasi-correspondencia. El poder de un actor sobre las decisiones políticas de una comunidad, es condición necesaria y suficiente de su poder para tomar decisiones políticas. El poder para tomar decisiones políticas, como el poder de compra, es, a la vez, 'poder para' y 'poder sobre'. En este caso, los conjuntos de instancias de uno y otro poder no son perfectamente co-extensivos: el poder para construir una casa

en una ciudad moderna, si bien implica muchas instancias de ‘poder sobre’, no refiere a un único poder. Reconociendo la falta de una equivalencia lógica perfecta, Pansardi destaca el alto grado de correspondencia que se da cuando dejamos a un lado las capacidades genéricas que un individuo puede disfrutar en ausencia de otros. Para excluir tales casos de nuestro entendimiento del poder, también propone razones de falta de relevancia desde una perspectiva científico social.

El ‘poder para’ puede explicar el poder que se da al interior de las sociedades si hace referencia a la interpretación relacional de las capacidades para actuar. Dado el *continuum* de complejidad creciente que el ‘poder para’ involucra, desde la capacidad para hacerlo uno mismo, a la capacidad que depende de nuestras relaciones con otros, a la capacidad derivada de nuestro rol institucional; el modo más apropiado de comprenderlo, es considerándolo como intrínsecamente relacional.

En síntesis, Pansardi propone distinguir entre capacidad individual (*individual's ability*) – que se usa para referir a los recursos internos, las posibilidades para actuar en ausencia de otros – y el poder del individuo – su capacidad para actuar en un contexto de oportunidad dado. Dado que todas las instancias de ‘poder para’ incluyen relaciones sociales, coinciden con el conjunto de instancias de su ‘poder sobre’. Una vez que apartamos las meras capacidades, cuando hablamos de poder en una sociedad, siempre implicamos su entendimiento o comprensión social, por referencia a las relaciones sociales involucradas. En este sentido, Pansardi subraya el hecho de que más que dos conceptos, se trata de una distinción analítica de dos aspectos del poder que siempre concurren y no pueden ser investigados, evaluados o explicados aisladamente.

En el apartado siguiente, procuramos inscribir esta propuesta en el contexto que brindan los partidarios de un enfoque relacional en sociología. Procedemos de esta manera para tomar distancia de algunas de las presuposiciones epistemológicas y ontológicas de la propuesta Pansardi. Se trata de evitar un análisis del poder que se abstrae de la dinámica constitutiva contingente de la agencia y la estructura, y de las condiciones concretas de posibilidad de nuestro conocimiento de ellas.

Un distanciamiento ontológico de la auto-acción y la inter-acción

El enfoque trans-accional o relacional en sociología (Emirbayer 1997), se propuso inicialmente como una auto-comprensión introductoria de su tarea como disciplina. Esta perspectiva tomaba distancia no sólo del sentido antropomórfico vulgar, de la metafísica ingenua del individuo egocéntrico, sino también de una filosofía estática del conocimiento científico, de un enfoque propio del pensamiento positivista. Por ejemplo, Norbert Elias (2008) aplicó esta perspectiva relacional a una crítica de los hábitos lingüísticos e intelectuales cosificadores, involucrados en la metafísica tradicional asociada a la ontología del sentido común ilustrado a la Antigua. Pero Elias también ya criticaba a una epistemología moderna que privilegiaba las construcciones conceptuales rígidas, las explicaciones deterministas del sistema social, la descripción de nuestras actuaciones como meros desempeños modulados según una estructura funcional de roles (cf. Elias, 2008: 18).

Más recientemente se ha reconocido que la perspectiva relacional atraviesa toda la tradición occidental como una alternativa al pensamiento sustancialista que se descubre en patrones gramaticales profundamente arraigados en las lenguas europeas. El pensamiento sustancialista postula la independencia de los seres reales, el carácter fundamental de las cosas o esencias, respecto de sus relaciones. Por contraposición, en una interpretación realista de la perspectiva relacional, son los flujos de interacciones y procesos pasados los que tejieron entramados de relaciones, y explican la estabilidad relativa de las unidades mínimas del análisis. Mientras que para la concepción sustancialista los efectos se deben al añadido de modificaciones exteriores que no afectan la naturaleza esencial de las unidades elementales, una concepción relacional puede esquematizarse como su negación determinada. Nuestro reconocimiento de lo real a partir de sus unidades sólo es posible ignorando el proceso de su constitución. Sólo por este desconocimiento es que las unidades se asumen como reales, parecen sostenerse a sí mismas y se dan por formadas previo a su participación en cualquier flujo dinámico. Sobre este peculiar desconocimiento sustancialista, se constituye el objeto de referencia de cualquier investigación y se estipula el vocabulario básico de sustantivos del discurso científico acerca de lo social.

Más allá del ámbito sociológico, ya Dewey y Bentley (1949), siguiendo a Ernst Cassirer (1910), habían propuesto presentar la perspectiva relacional refiriendo a la exposición transaccional de objetos que se introdujeron en la física desde fines del siglo XIX². El objetivo de Dewey y Bentley era tomar distancia tanto de la antigua concepción de las acciones de un sujeto (*self-action*) como de la presentación de la mecánica clásica en términos de interacción (*inter-action*). Interpretando estas alternativas como variedades de lo que se entiende por sustancialismo, subrayaron que el primero considera que las cosas actúan según sus propios poderes en forma independiente de las demás; mientras que para el segundo, la existencia de una cosa es balanceada o equilibrada con la de otra en interconexión causal.

El esquema de interpretación de la auto-acción, resultaría típico desde Platón-Aristóteles a Galileo, afirmando la existencia de cosas que poseen el ser en forma completa, inherente y necesaria. Sólo tales sustancias de existencia independiente y necesaria, que continúan eternamente en acción o movimiento bajo su propio poder, son las que persisten en la acción particular que las involucra esencialmente. En este enfoque del movimiento auto-generado o la acción auto-orientada, las matrices de relaciones en las que las sustancias inscriben su acción, son medios vacíos. Es recién con el desarrollo de la física matemática, cuando se desalojó el pensamiento asociado al modelo de la acción auto-generada y auto-orientada, del estudio de la materia inorgánica.³

Por otra parte, la mejor ilustración de la perspectiva interaccional es la obra de Newton quien prosiguiendo el énfasis físico galileano en la ubicación de unidades o elementos de acción y en la capacidad de determinar experimentalmente sus interacciones, “estableció con firmeza un sistema bajo el cual las partículas podían escogerse y organizarse para investigar el movimiento y así podían describirse en forma definitiva...” (Dewey y Bentley, 1949: 105). En este marco de análisis histórico-comparativo, toda acción relevante ocurre entre entidades fijas

con atributos variables y no es generado por ellas, el papel causal, la actuación, se atribuye a tales variables que interactúan causalmente en tiempo real.

Por último, el enfoque relacional se distingue de una perspectiva interaccional, en la que una cosa se presenta en tensión, en balance o equilibrio dinámico con otra, como en el sistema gravitatorio. Aunque los cuerpos celestes no son ya los que generan su propia acción y lo relevante es lo que ocurre entre ellos, sigue siendo verdad que permanecen sin cambios durante toda la interacción y la propia existencia de cada uno se presenta como independiente de las de los otros.

El ‘ser’ de la trans-acción

Tras tomar distancia de las variedades de sustancialismo tratadas en el punto anterior, Dewey y Bentley presentaron la perspectiva de la trans-acción partiendo de sistemas de descripción y nominalización diseñados para referir a aspectos y fases de la acción, y no a cristalizaciones definitivas del tipo ‘entidades’, ‘esencias’ o ‘partículas’; presumiblemente separables o independientes de otros elementos o relaciones discretas. Los términos empleados para describir a unidades involucradas en una transacción, refieren a los papeles funcionales –cambiantes– que juegan dentro de un proceso dinámico y en constante desarrollo. El proceso de desarrollo se convierte en la dimensión primaria de análisis, en sustitución de las partes que lo componen. En consecuencia, tales componentes no se presentan en forma aislada, no se asumen como pre-existentes e independientes de procesos relacionales. Estas unidades, sólo relativamente estabilizadas, obtienen todo su ser, primero en, y con, las relaciones que entre ellas se establecen.

Cuando la investigación experimental puso en consideración tanto el espacio y el tiempo de su realización como el espacio y el tiempo de los eventos investigados, se dio el primer paso para que lo mismo sucediera con las partículas. Dejando de lado la presuposición de lo absoluto, la visión de conjunto involucró simultáneamente lo que antes se veía y mantenía por separado. Este relativización de la perspectiva teórica del físico moderno también se desplazó hacia las ciencias sociales en general, y hacia la sociología en particular. El análisis sociológico relacional se opone a la postulación teórica de individuos, estratégicos o seguidores de normas, como unidades discretas predeterminadas. Cualquiera de estas postulaciones son interpretadas como variedades sustancialistas de acción auto-orientada. Para el enfoque transaccional los individuos están incrustados en entramados de inter-relación. Las capacidades y desempeños que comúnmente asociamos con la palabra poder, tienen lugar, precisamente, en tales contextos transaccionales donde los individuos resultan inseparables y no, como en la física de partículas galileanas, en espacios vacíos.

Para el enfoque relacional las acciones sociales sólo pueden comprenderse como parte de una cadena de trans-acciones. Dépeltau (2008) destaca que cualquier acción individual es siempre una pieza de un rompecabezas en movimiento, que está compuesto de acciones interdependientes que se identifican recíprocamente. Así como una acción es tal únicamente porque está interconectada a otra, y viceversa; las personas se presentan vinculadas en constelaciones dinámicas⁴, redes de interdependencia, familias, clases, Estados, naciones, organizaciones.

En el ámbito de la sociología, el enfoque transaccional promueve estudios que se distancian tanto de las auto-acciones como de las interacciones. Se asocian a la auto-acción, la noción de agencia, en las explicaciones voluntaristas y co-deterministas, y el concepto determinista de estructura social. En ambos casos, la agencia y las estructuras ‘son vistas como actuando bajo sus propios poderes’ (Dewey and Bentley 1949), como si sus respectivas ‘propiedades’ pudieran ser consideradas simplemente como intrínsecas a los actores o a las estructuras. Desde el punto de vista transaccional, el poder es un efecto de relaciones sociales y las ‘propiedades’ no existen por fuera o antes de ellas. Dépeltau señala que la noción de ‘habitus’, empleada por Elias en *El proceso de la civilización* (1978), es un buen ejemplo de un análisis relacional que muestra cómo y por qué las propiedades individuales o naturales son hábitos creados a través de una larga cadena de trans-acciones complejas entre varios actores sociales que los producen, los difunden y se los apropian reyes, nobles, comerciantes. Tales habitus también emergen de transacciones entre educadores y estudiantes, padres e hijos, sacerdotes y creyentes, escritores y lectores y no son cosas meramente internalizadas total o parcialmente por los individuos. El proceso de socialización resulta de trans-acciones empíricas complejas más o menos estables entre actores interdependientes.

En relación con el poder social moderno de vigilancia y castigo, Emirbayer asocia este enfoque con los estudios de Foucault sobre el nacimiento de la prisión como institución en que se cristaliza. Es en este contexto, que se descubre un alma que ya “no es una sustancia, es el elemento en el que se articulan ciertos tipos de poder y la referencia de cierto tipo de conocimiento» (Foucault, 1979:29). Foucault afirma explícitamente que las relaciones de poder no están en una relación de exterioridad respecto de otros tipos de relaciones sino que emanan de las divisiones, diferencias y desequilibrios económicos, de conocimientos, sexuales, es decir, son su efecto inmediato. Pero además de constituirse como consecuencia de otros tipos de relaciones, las relaciones de poder también son condiciones internas de esas diferenciaciones. Sólo en el marco dinámico de una teoría del proceso social, un tipo de relación puede ser comprendido a la vez como condición previa y consecuencia posterior, de otra relación o de otros tipos de relaciones

Tampoco las estructuras son abstracciones vacías, añadidas a los varios elementos que las componen. La sociedad no es sino la pluralidad de los individuos asociados. También se encuentran huellas del enfoque transaccional en algunos de los fundadores de la sociología. Emirbayer remite al Marx del volumen I de *El Capital*, para quien el modo histórico de producción de una sociedad que “no consiste de individuos, sino que expresa la suma de interrelaciones, dentro de las cuales se encuentran los individuos” (Marx, 2000: 58), el mismo capital no es una cosa sino una relación social entre personas mediada por cosas. También menciona el compromiso explícito de Georg Simmel al concebir la sociedad como ‘una estructura supra-singular’ y no como una forma abstracta. En su vida histórica, de diversos modos, con arreglo a diversas etiquetas, se evita la alternativa de referirse al conjunto como una mera lista. Pero la auto-comprensión de la sociedad de los individuos no refiere a una generalidad abstracta, a un mero agregado definido por enumeración: “La sociedad es una generalidad que tiene, en forma simultánea, una vitalidad

concreta” (Simmel, 1971: 69). Emirbayer incluso destaca, desde este enfoque, algunas expresiones del fundador de la sociología que más parece identificarse con las ideas sustancialistas: cuando Durkheim reconoce la fuerza de la colectividad, admite que no es totalmente externa, que puede existir en y por medio de mentes individuales.

Pero más que una supresión de los conceptos sociológicos fundamentales propuestos por los enfoques sustancialistas, lo que se propone es una reformulación. Respecto del poder, que se considera en términos sustancialistas como una entidad o posesión, como algo que se puede agarrar y tener. En el marco weberiano de una acción auto-orientada, el modelo teleológico de la acción implica su identificación por el resultado o propósito intencionado por un actor individual o colectivo. Como el éxito radica en producir una condición en el mundo en el que se alcance la meta propuesta, y el logro de esta condición puede depender de otro u otros sujetos; el poder de manipulación o influencia de uno cualquiera de los actores puede definirse como la capacidad de disponer de los recursos adecuados como medios que instiguen las conductas deseadas en los demás, en el sentido requerido por ese sujeto particular, de su poseedor.

En el sentido transaccional el poder-sustancia se reformula como poder-relación; en el núcleo de las figuraciones cambiantes, en el centro del proceso de figuración, Elias descubre un equilibrio tenso, una balance inestable o fluctuante de poder como característica estructural del flujo de cada figuración. El poder es la figuración, la representación social de una red de posiciones, una consecuencia de las posiciones que los distintos actores ocupan. Algo similar realiza Pierre Bourdieu con su noción de campo de poder, al inscribir las posiciones sociales según sus relaciones de fuerza, el quantum de capital que su posición le garantiza en un recurso estratégico en la lucha por el monopolio del poder.

Con tales referencias, se ilustran unas reformulaciones conceptuales del poder que se distancian de su entendimiento como atributo o propiedad de los actores. Lejos de ser tal cosa, el poder no debe pensarse por fuera de matrices, de la figuración de relaciones que se instituyen, se estructuran y operan, y que son de naturaleza cultural, social y psicológica. Se trata de entramados o estructuras, pertrechos simbólicos, solidaridades, interioridades; puestas en el juego ético-político de la vida cotidiana, pública o privada.

Conclusión: objetos transaccionales y concepción relacional del poder

Llegados a este punto, estamos en condiciones de plantearnos un interrogante crucial en relación a la propuesta de Pansardi sobre el doble aspecto del poder. ¿Se trata de una propuesta sustancialista (de auto-acción, interaccional) o trans-accional? A esta pregunta cabe responder recapitulando los rasgos relevantes de su propuesta. Atendiendo a su insistencia en el carácter relacional de la parte socio-políticamente relevante del ‘poder sobre’, rápidamente se despeja la alternativa de la auto-acción. Pero, estrictamente, nada dice Pansardi de la identidad del individuo en relación con su posición en el campo, donde una mayor atención al carácter relacional del poder no hubiera aislado su análisis de la problemática del sujeto o actor. Ella no inscribe su propuesta en la disputa de los enfoques sustancialista y relacional. Como vimos, tampoco trata de terciar en la disputa

conceptual entre los defensores de los dos tipos de concepciones tratados. Sus descripciones destacan el carácter difuso de sus fronteras para argumentar que, si bien no se da una equivalencia lógica perfecta, si una alta correspondencia. Por consiguiente, a pesar de sus diferentes definiciones, ambos poderes sirven para denotar la misma categoría de hechos sociales. Si uno prosigue esta línea de argumentación, el discurso parece aproximarse a una ‘cosificación estructuralista’ del poder. Basado en este punto, la relativa opacidad de la propuesta parece confirmar la situación de decisión forzada respecto de las cuestiones ontológicas fundamentales que se nos plantea en el escenario intelectual contemporáneo.

Recordemos que para Pansardi, el paso de la capacidad genérica al desempeño efectivo implica el reconocimiento explícito del papel que juega el contexto de oportunidad como condición de posibilidad de la acción. En este marco, se destacan las relaciones que el individuo mantiene con otros. Para el tránsito del ‘poder para’ al ‘poder sobre’, remite al análisis de las condiciones externas y las condiciones sociales que, por ejemplo, habilitan los roles institucionales de las autoridades y, en este caso extremo, identifican los dos aspectos del ‘poder social’. Aún cuando el *continuum* de complejidad creciente que el ‘poder para’ involucra, desde la capacidad para hacerlo uno mismo, a la capacidad que depende de nuestras relaciones con otros, a la capacidad derivada de nuestro rol institucional; Pansardi no lo considera como intrínsecamente relacional y se limita a considerar como meramente analítica la distinción heredada de los aspectos del poder social. Se trata de dos aspectos del poder que siempre concurren y no pueden ser investigados, evaluados o explicados aisladamente.

Pero más allá de la concurrencia de los dos aspectos del poder social, Pansardi no relaciona su propuesta con la perspectiva relacional y, en este sentido, abstrae el proceso de desarrollo social en el que se constituyen los actores individuales y cosifica como contexto de la acción una estructura social que se presenta como dada. Y sin embargo, una perspectiva relacional en sociología puede presentarse como el punto de partida para una superación crítica de su propuesta que, con la idea de trans-acción, le devuelva fluidez a la conceptualización del poder.

Notas

1. Agradecemos las observaciones de un réferi anónimo a una versión previa y aprovechamos para realizar unas aclaraciones sobre las mismas. En primer lugar, se nos señala la falta de mención a la distinción entre ‘poder-sobre’ (*power-over*) y ‘poder-hacer’ (*power-to-do*) presente en el marxismo crítico de John Holloway y que fueron identificados, respectivamente, con la potencia y la potestad en la filosofía política, por ejemplo, de Baruch Spinoza (cf. Negri, 2015). Recordemos que para Holloway (2001) el ‘poder-sobre’ es aquello que domina y limita la posibilidad creativa humana, y el ‘poder-hacer’ la que potencia tal creatividad permitiendo un ámbito propio de autonomía, lo que las convierte en formas contrapuestas del poder. Por nuestra parte, este trabajo es resultado de un proyecto de investigación donde nos hemos propuesto explorar la teorizaciones acerca del poder en ciencias sociales y humanas de las últimas décadas. Al tomar la distinción entre ‘poder sobre’ y ‘poder para’, nos paramos en unas de las corrientes anglosajonas que aborda tal distinción para realizar una serie de observaciones que

nos resultan pertinente para caracterizar y avanzar en tales debates. Por supuesto, esto no excluye dar cuenta de la tradición marxista que se nos observa; podríamos hasta arriesgar un vínculo estrecho entre el 'poder-hacer' y el 'poder para', cuyo desarrollo excedería los marcos del presente trabajo. En este sentido, la observación sería un camino a explorar en el futuro, para seguir constituyendo eso que, en otro lugar, hemos denominado 'archipiélago del poder' para referir al conjunto de islas teóricas que han abordado uno de los conceptos centrales, sino el más importante, del pensamiento político. En segundo lugar, acordamos con nuestro evaluador que la visión del poder relacional de Pansardi, que nosotros caracterizamos más propiamente como una forma interaccional, puede ser abordada desde perspectivas interaccionales-estratégicas de la acción colectiva, y, por lo tanto, dentro del paradigma de la acción racional. Como en el caso anterior, esto es un camino también a desarrollar ya que consideramos que la perspectiva de Pansardi no es la única dentro de esa línea anglosajona del poder que cae presa del paradigma de la acción racional, tal como es el caso de los abordajes de Keith Dowding, entre otros.

2. Dewey y Bentley refieren, principalmente, al trabajo de James Clerk Maxwell, *Materia y movimiento* (1877), y al de Heinrich Hertz, *Los principios de la mecánica* (1898). También señalan que la palabra trans-acción fue usada por Maxwell al describir los eventos físicos; este sentido es el que retoman Dewey y Bentley para extenderlo a todo ámbito de conocimiento humano.

3. En el ámbito del pensamiento social, Dewey y Bentley (1949) asocian este tipo de modelo ontológico sustancial a la filosofía política liberal moderna. Por su parte, Emirbayer (1997), lo asocia a las concepciones generales de individualismo metodológico y, más específicamente, a la teoría de la elección racional o, al menos, a algunas de las interpretaciones de sus esquematismos.

4. Dépeltau toma esta noción de persona como interrelaciones de constelaciones dinámicas del sociólogo holandés Johan Goubsblom, quien trabajó conjuntamente con Norbert Elias en las ideas que establecieron las bases de la nueva ciencia de la sociología figuracional.

Bibliografía

- CASSIRER, E. (1953 [1910]). *Substance and Function*. New York: Dover.
- DÉPELTEAU, F. (2008). Relational Thinking: a critique of co-deterministic theories of structure and agency. *Sociological Theory*, vol. 26 (1): 51-73.
- DEWEY, J. & A. BENTLEY (1949). *Knowing and Known*. En *John Dewey, The Later Works, 1925-1952, Volume 16: 1949-1952*. Carbondale and Edwardsville: Southern Illinois University Press.
- ELIAS, N. (1988 [1939]). *El proceso de la civilización*. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- ELIAS, N. (2008 [1970]). *Sociología fundamental*. Barcelona: Gedisa.
- EMIRBAYER, M. (1997). Manifest for a Relational Sociology. *American Journal of Sociology*, vol. 103 (2): 281-317.
- FOUCAULT, M. (2008 [1976]). *Vigilar y castigar. El nacimiento de la prisión*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- GÖHLER, G. (2009). 'Power to' and 'Power over'. En Clegg, R. and M. Haugaard (ed.). *The SAGE Handbook por Power*. London: SAGE. Pp.: 27-40.
- HERTZ, H. (1898). *The Principles of Mechanics*. London: MacMillan.

- HOLLOWAY, J. (2001). Doce tesis sobre el anti-poder. En Negri, T. y otros. *Contrapoder, una introducción*. Buenos Aires: Ediciones de mano en mano.
- MARX, K. (2000 [1976]). *El capital. Vol. I*. México, D.F.: F.C.E.
- MAXWELL, J. C. (1925). *Matter and Motion*. London: The Sheldon Press.
- MORRIS, P. (2002). *Power. A philosophical analysis, second edition*. Manchester: Manchester University Press.
- NEGRI, A. (2015). *La anomalía salvaje. Poder y potencia en Baruch Spinoza*. Buenos Aires: Waldhuter Editores.
- PANSARDI, P. (2010). Concepts and conceptions of power. *Paper prepared for the III ECPR Graduate Conference, Dublin City University, 30 August – 1 September 2010*.
- PANSARDI, P. (2012). 'Power to' and 'Power over': two distinct concepts of power?. *Journal of Political Power*, vol. 5 (1): 73-89.
- SIMMEL, G. (1971). *On Individuality and Social Forms*. Chicago: The University of Chicago Press.

Cómo interpretar el operador de inversión temporal en mecánica cuántica

*Cristian López**

Introducción

El problema de la flecha del tiempo, desde la perspectiva de la filosofía de la física, consiste en hallar un *correlato físico* que fundamente la intuición de un tiempo asimétrico y dirigido. En general, la estrategia más utilizada consiste en encontrar leyes que sean no invariantes ante el operador de inversión temporal, como reflejo formal de una asimetría temporal recogida por la teoría. El operador de inversión temporal, T , lleva a cabo la transformación $t \rightarrow -t$ y se aplica sobre las ecuaciones de la teoría, transformando además todas las variables dinámicas definidas en función de t . Si las ecuaciones son invariantes ante el operador de inversión temporal (*i.e.* T -invariantes), entonces sus soluciones conforman un par de gemelos temporalmente simétricos (T -simétricos). En cambio, si la ecuación es no invariante ante el operador de inversión temporal (*i.e.* no T -invariante), uno de los gemelos T -simétricos no surge, obteniendo soluciones solamente en un sentido temporal. Esto condujo a que se evaluara, en el contexto de cada teoría física, si sus ecuaciones fundamentales eran o no invariantes ante el operador T , como manera de determinar si la teoría recogía (o no) una dirección temporal.

En mecánica clásica, termodinámica, mecánica estadística y relatividad (especial y general) hay acuerdo acerca de cómo aplicar el operador T . Tomando como ejemplo la mecánica clásica en su formulación Hamiltoniana, para la trayectoria de una partícula, el operador T mantiene fijas las posiciones pero invierte el momento de la partícula manteniendo la T -invariancia. Esta operación recoge la idea intuitiva de una película siendo proyectada en un sentido y en el otro. Es decir, la partícula recorre las mismas posiciones (por eso el operador T deja fija las posiciones) pero en el orden temporal inverso ($T: t \rightarrow -t$) y con el momento en dirección opuesta (Naturalmente, el operador T no sólo revierte el tiempo sino, también, todas las magnitudes físicas definidas en función de t).

Sin embargo, en el ámbito de la mecánica cuántica (y también en teoría cuántica de campos, aunque no trataré este caso aquí), hay discusión sobre si debemos aplicar el mismo operador T para llevar a cabo la operación de inversión temporal. En términos generales y como se presenta en los libros de texto (Sakuri 2011, Messiah 1966, Gasiorowicz 1966), el operador T transforma las magnitudes de una manera inadecuada ya que da lugar a soluciones que contradicen algunos fundamentos de la mecánica cuántica no relativista y relativista. Por ello mismo, se argumenta, es necesario definir y utilizar otro operador de inversión temporal, \mathcal{T} , más apropiado para representar la idea de “inversión temporal”. El problema surge cuando

* Universidad de Buenos Aires, CONICET

notamos que la mecánica cuántica resulta ser T -invariante o no T -invariante dependiendo de qué tipo de operador se utilice. En términos más precisos, obtenemos una teoría que no es T -invariante pero que sí es T^* -invariante, solución paradójica pero que es cortada de cuajo al estipular que el operador es un operador inadecuado para transformar magnitudes dentro de la mecánica cuántica. Siguiendo a Olivia Costa de Beuregard (1980) denominaré *operador de Racah* al operador ρ y *operador de Wigner* al operador T^* .

El objetivo del presente artículo es analizar el problema de la flecha del tiempo en mecánica cuántica, en particular, cómo representar la idea de “inversión temporal” mediante operadores. Buscaré mostrar que en el contexto de la discusión filosófica del problema de la flecha del tiempo, considerar un *operador de Wigner* como un operador apropiado para recoger la idea de “invertir el tiempo”, y preguntarnos si la teoría es temporalmente simétrica o no, es problemático. En particular, argumentaré que la construcción de un operador tiene algunos problemas conceptuales y argumentativos para que terminan trivializando el problema de la flecha del tiempo en mecánica cuántica.

El presente trabajo se articulará de la siguiente manera. En la Sección 2, expondré en qué consiste el problema de la flecha del tiempo en filosofía de la física. En la Sección 3, definiré la propiedad de T -invariancia en una ecuación dinámica como relevante para el problema de la flecha del tiempo. En la Sección 4, analizaré el problema de la flecha del tiempo en el ámbito de la mecánica cuántica, preguntando si la teoría es o no T -invariante; además, mostraré las ambigüedades que surgen a la hora de decidir qué operador utilizar para responder la pregunta: si el operador de Wigner o el operador de Racah. En la Sección 5, expondré mis argumentos para sostener que si el problema de la flecha del tiempo quiere ser planteado con sentido en el ámbito de la mecánica cuántica, entonces es necesario utilizar el operador de Racah y descartar el operador de Wigner para representar formalmente la idea de inversión temporal. Finalmente, ofreceré algunas conclusiones.

El problema de la flecha del tiempo en física: una teoría física del tiempo

Intuitivamente, tenemos la impresión de que el *tiempo pasa*. Pero, ¿qué fundamento tiene tal impresión? ¿Qué significa que el *tiempo pasa*? ¿Hay una diferencia sustancial entre el pasado y el futuro? De manera evidente, adjudicamos al pasado ciertas propiedades que no adjudicamos al futuro. Por una parte, el pasado se nos muestra fijo, inalterable. No podemos –al menos todavía– viajar al pasado y modificar la fecha de nuestro nacimiento, los errores cometidos o alguna clase de acontecimiento. Los eventos ubicados en el pasado están existencialmente determinados (Sklar 1974: 353). Sin embargo, consideramos al futuro de una manera diferente: naturalmente, no pensamos que los sucesos que acontecerán están existencialmente determinados: ¿cuándo será nuestra muerte? Intentaremos posponerla todo lo posible. ¿Cuál será el próximo número de la lotería? Desafortunadamente, no lo sabemos. El futuro se presenta como mera posibilidad, indeterminado y abierto. En nuestro lenguaje, en nuestras pretensiones cognoscitivas y en nuestra manera de concebir la existencia misma, adjudicamos distintas propiedades al pasado y

al futuro: mantienen entre sí una relación asimétrica. El tiempo, por lo tanto, parecer tener la propiedad de *asimetría*.

Sin embargo, la asimetría adjudicada al tiempo no agota la idea intuitiva de que el *tiempo pasa*. En algún momento del pasado hemos nacido y, en algún momento del futuro, moriremos. Y entre ambos instantes, transcurren los acontecimientos de nuestra existencia, la vida *pasa*. Nuestra intuitiva representación del mundo lleva a considerar que el tiempo fluye en una única dirección posible: desde el pasado hacia el futuro, pero nunca en la dirección inversa. Nacemos y luego morimos, pero nunca sucede lo contrario. El tiempo, además de la propiedad de asimetría, parece tener la propiedad de tener una *dirección privilegiada*.

Si, como ha sostenido David Hume, la investigación filosófica no es sino la reflexión sobre nuestras ideas e impresiones cotidianas, podemos preguntar: ¿tiene el tiempo, *realmente*, estas propiedades? ¿Cómo podemos fundamentar esta idea intuitiva que tenemos acerca del tiempo? ¿Existe el flujo del tiempo como una característica *objetiva* de la realidad? ¿Qué características físicas debería de tener el mundo para satisfacer un tiempo objetivamente asimétrico y unidireccional? Abordar el problema desde la física y la filosofía de la física nos conduce a prestar atención a las teorías físicas vigentes y atender a qué tipo de relación puede establecerse con la flecha del tiempo. La estrategia consiste en el intento de encontrar alguna característica material del mundo que pueda ser coordinada de una u otra manera con la direccionalidad temporal (Sklar 1974: 355), es decir, en tratar de reflejar en el formalismo de alguna teoría física vigente la idea de un tiempo asimétrico. Un abordaje a partir de la filosofía de la física nos permite “la posibilidad –en principio– de coordinar la flecha del tiempo con alguna flecha física (que en términos generales se pensó en términos de *irreversibilidad*) y obtener así una “*teoría física de la flecha del tiempo*” (Sklar, 1974: 360). La pregunta es, ¿rescatan las leyes de la física estas propiedades del tiempo? En caso de hacerlo, ¿cómo lo harían?

En la discusión filosófica sobre el problema de la flecha del tiempo, dos conceptos han sido centrales y claves: el concepto de reversibilidad y el de invariancia temporal. Si bien el concepto de reversibilidad fue central en la discusión hasta los años '50, progresivamente fue perdiendo vigencia ya que análisis filosóficos posteriores mostraron que, en realidad, el problema de la flecha del tiempo y el problema de la irreversibilidad eran conceptualmente distintos (ver North 2011, Castagnino, Lombardi y Gadella 2005), y hacer depender el primero del segundo era un error. La irreversibilidad de los procesos físicos parece referir a una asimetría material evidenciada *en* el tiempo, pero poco parece iluminar al problema de la asimetría *del* tiempo: de hecho, parece presuponerla. Cuando consideramos, por ejemplo, que la entropía aumenta hasta lograr el equilibrio *hacia el futuro* pero nunca aumenta *hacia el pasado*, estamos presuponiendo la asimetría temporal: localizamos el equilibrio *en* el futuro y cualquier tipo de correlación entre tal asimetría en los procesos físicos con la asimetría temporal, es trivial. Estas asimetrías materiales (como incremento de la entropía o expansión del universo) son flechas *en* el tiempo que poco o nada dicen acerca de la naturaleza de éste (Savitt 1996: 348, North 2011: 312). Lo relevante en la discusión es determinar cuál es la flecha *del* tiempo, más fundamental y

presupuesta por aquéllas.

En los últimos años, el problema de la flecha del tiempo fue directamente vinculado con el concepto de invariancia temporal. Particularmente, con analizar las propiedades formales de las ecuaciones dinámicas de una teoría física y ver cómo se comportan ante la operación de inversión temporal. En la sección siguiente, precisaremos este concepto.

¿Cómo representar la idea de inversión temporal formalmente? El concepto de invariancia temporal

Llamaré *T*-invariancia a la propiedad de las leyes físicas de ser invariantes ante inversión temporal:

Definición 1: Una ecuación dinámica es *T*-invariante si es invariante bajo la aplicación del operador de inversión temporal *T*, el cual lleva a cabo la operación $t \rightarrow -t$ e invierte todas las variables dinámicas definidas en función de t . Como resultado, si $e(t)$ es una solución a la ecuación dinámica, $Te(t)$ es también una solución. (Castagnino y Lombardi 2009: 3)

El concepto de *T*-invariancia, como vemos, es una propiedad de las leyes físicas, que depende de la particular forma matemática de la ecuación dinámica que la expresa. Una gran cantidad de leyes físicas parecen tener la propiedad de ser *T*-invariantes: las leyes de la mecánica de Newton, las ecuaciones de campo de Einstein, las ecuaciones de Maxwell, entre otras. Nótese que las soluciones $e(t)$ y $Te(t)$ de ecuaciones *T*-invariantes constituyen un par simétrico (en adelante, *par de gemelos T-simétricos*), donde cada miembro del par es una imagen temporalmente especular de la otra.

El problema de la flecha del tiempo en el contexto de la filosofía de la física, y bajo un enfoque legal, considera que el correlato físico de la flecha del tiempo consiste en el hallazgo de una ley fundamental no *T*-invariante. Una ley tal generaría, de manera no arbitraria, sólo un conjunto de soluciones posibles en una única dirección del tiempo, y no en ambas. Si bien nada en la ley nos señalaría qué dirección es el futuro o el pasado (pues esto es una cuestión puramente nominal), sí nos señalaría una diferencia sustancial que, convencionalmente, podríamos bautizar como la dirección pasado-a-futuro. El argumento de quienes consideran que el hallazgo de una ley no *T*-invariante es relevante para el problema de la flecha del tiempo es muy simple. Podría esquematizarse de la siguiente manera:

(i) Si existen leyes de la física que sean no t -invariantes, entonces hay argumentos físicos para establecer la flecha del tiempo.

(ii) Existe una ley física que es no t -invariante.

(iii) Ergo, hay argumentos físicos para establecer la flecha del tiempo.

Nótese que la premisa fundamental es la segunda, y que la primera es el supuesto necesario para formular este *argumento nomológico*. La verdad o no de la segunda premisa es una cuestión que radica, esencialmente, en las propiedades formales de las teorías físicas fundamentales actualmente vigentes.

En resumen, la estrategia usual para determinar si una teoría permite recoger una flecha del tiempo consiste en responder a la siguiente pregunta: la teoría, ¿tiene al menos una ecuación dinámica fundamental que resulta no T -invariante? El objetivo planteado está constreñido al ámbito de la mecánica cuántica, por lo tanto, preguntamos, ¿existe una ecuación fundamental en la mecánica cuántica que sea no T -invariante? En la sección siguiente expondré cómo ha sido usualmente respondida esta pregunta en la bibliografía filosófica y científica; al final de la sección, mostraré algunos problemas que resultan de esta respuesta habitual.

¿Es la mecánica cuántica una teoría T -invariante o no T -invariante?

A diferencia de las teorías físicas clásicas, en mecánica cuántica la noción misma de tiempo es algo problemático. En términos generales, el tiempo en mecánica cuántica es similar al tiempo de la mecánica clásica newtoniana. Sin embargo, si en mecánica cuántica queremos medir la posición de una partícula, formalmente utilizaremos un operador de posición, pero, ¿si queremos medir el tiempo? La mecánica cuántica no tiene un operador de tiempo, lo cual lleva a preguntarnos si no existe un trato diferencial, al menos en lo formal, entre posición espacial y tiempo (diferencia que no tiene correlato clásico) (ver Allday, 2009). Por otra parte, filosóficamente, la noción de tiempo está sumamente ligada a qué interpretación sostengamos de la mecánica cuántica, lo cual complejiza un poco el escenario a la hora de buscar una definición clara de qué es el tiempo en esta teoría (ver Butterfield, 2013). Sin embargo, esta ambigüedad respecto del problema de qué es el tiempo en mecánica cuántica no impide que se haya planteado el problema de cómo invertir el tiempo mediante el operador de inversión temporal y cómo definir este operador. En este trabajo seguiremos esta última discusión, conscientes de haber obviado la primera.

La ecuación de Schrödinger es, para todas las interpretaciones de la mecánica cuántica, parte fundamental de la estructura formal de la teoría, una ley fundamental de la teoría. Ahora bien, ¿es la ecuación de Schrödinger una ley no T -invariante? Existe una idea muy difundida de que no es así: la ecuación de Schrödinger es invariante ante inversión temporal (Reichenbach 1956, Messiah 1966, Gasiorowicz 1966, Earman 2002, Holster 2014, Castagnino, Gadella y Lombardi 2005, Maudlin 2007, Hartle 2013, entre otros). Analicemos con mayor detalle esta idea.

Consideremos la ecuación de Schrödinger:

$$H|\psi\rangle = i\hbar \frac{\partial |\psi\rangle}{\partial t}$$

(α)

Tal como enfatizamos anteriormente, al aplicar el operador de inversión temporal T no sólo se lleva cabo la transformación del signo de t , $t \rightarrow -t$, sino que también se invierte toda magnitud definida en función de t . Siguiendo a Craig Callender (2000) y Andrew Holster (2014), al aplicar el operador T a la ecuación de Schrödinger –suponiendo como en el caso clásico que el hamiltoniano no es función del tiempo puesto que el sistema es cerrado y, por

ello, su energía es constante- se obtiene:

$$H|\psi\rangle = -i\hbar \frac{\partial|\psi\rangle}{\partial t} \quad (\beta)$$

Si se comparan las ecuaciones (α) y (β) es fácil observar que la aplicación de T no mantiene la ecuación inalterada. Como afirma Callender (2000: 262), es evidente que la teoría es no T -invariante. Holster (2014) comparte la misma opinión y muestra cómo soluciones simples a ambas ecuaciones son evidentemente distintas, mostrando el carácter no T -invariante de la teoría. Digamos que MQ es la mecánica cuántica y $T(\text{MQ})$ es la mecánica cuántica con la aplicación del operador T . Por lo tanto, dado un hamiltoniano particular, para MQ se obtiene la solución:

$$(1) \quad \frac{\partial|\psi\rangle}{\partial t} = \frac{i\hbar}{2m} \frac{\partial^2|\psi\rangle}{\partial x^2} \quad \longrightarrow \quad A \exp\left[\frac{i}{\hbar}\left(\frac{px - p^2t}{2m}\right)\right]$$

Y para $T(\text{MQ})$ se obtiene:

$$(2) \quad -\frac{\partial|\psi\rangle}{\partial t} = \frac{i\hbar}{2m} \frac{\partial^2|\psi\rangle}{\partial x^2} \quad \longrightarrow \quad A \exp\left[\frac{i}{\hbar}\left(\frac{px + p^2t}{2m}\right)\right]$$

Ambas son soluciones que representan partículas con momento y energía cinética definidos, pero sin posición definida. Pero la diferencia entre las soluciones obtenidas demuestran que $T(\text{MQ}) \neq \text{MQ}$.

Dada la claridad de este argumento, la pregunta es, ¿por qué se afirma, entonces, que la ecuación de Schrödinger es T -invariante? La respuesta se remonta a Eugene Wigner (1939) y sus aportes sobre teoría de grupos y simetrías físicas. Los trabajos de Wigner son un punto de inicio obligado para analizar las simetrías en mecánica cuántica y, desde entonces, existe un consenso generalizado entre los físicos cuánticos en afirmar que el operador T , que invierte el signo del tiempo en la ecuación dinámica y en todas las magnitudes que se definen en función del tiempo, no es el operador adecuado para efectuar la operación de inversión temporal en mecánica cuántica. En su lugar, se propone otro operador T^* que invierte el orden temporal pero manteniendo algunas magnitudes físicas fijas. De esta manera, existen en física dos tipos de operadores de inversión temporal.

Josef-Maria Jauch y Fritz Rohrlich (1959) y Olivia Costa de Beauregard (1980) discuten y

analizan estas dos operaciones de inversión temporal. Siguiendo a Costa de Beauregard tenemos:

1. Por un lado, el operador de inversión temporal T , que lleva a cabo la transformación $t \rightarrow -t$ aplicada a estados cuánticos. Este operador recibe el nombre de *operador de Racah*.

2. Por otro lado, el operador de inversión temporal T^* , usado comúnmente en mecánica cuántica, que recibe el nombre de *operador de Wigner*. A diferencia del operador de Racah, T^* efectúa una operación combinada de inversión temporal simple y conjugación compleja $*$.

El operador de Racah lleva a cabo la inversión temporal de la manera estándar; por ello, una ecuación invariante ante el operador de Racah será una ecuación T -invariante como la hemos definido. Pero, una ecuación invariante ante el operador de Wigner no será una operación T -invariante en el sentido definido sino una operación T^* -invariante o invariante ante el operador de Wigner.

Volviendo a la ecuación de Schrödinger, si bien el análisis se complejiza por la existencia de dos operadores, se disuelve la aparente contradicción entre el consenso generalizado sobre la T -invariancia de la ecuación y su evidente carácter no T -invariante. En efecto, la ecuación de Schrödinger puede resultar invariante ante el operador de Racah (*i.e.* T -invariante) o ante el operador de Wigner (*i.e.* T^* -invariante). Sobre esta base, el sentido generalizado en el cual se habla de la invariancia ante inversión temporal de la ecuación de Schrödinger se refiere a la aplicación del operador de Wigner. Por lo tanto, más precisamente, la ecuación de Schrödinger sería T^* -invariante. Y, cabalmente, cuando aplicamos el operador de Racah, la teoría resulta no T -invariante: la ecuación resulta temporalmente simétrica o no según qué operador se considere.

El panorama se ha vuelto sumamente complejo y desconcertante. En general, se sostiene que el operador de Racah T no tiene las propiedades formales correctas para aplicarse al contexto cuántico, ya que no transforma el momento y la energía de una manera adecuada; en su lugar, el operador T^* resulta más adecuado. Pero, ¿por qué T es inadecuado? Esto se debe, según se argumenta desde esta perspectiva, a que el operador T , para mantener la ecuación de Schrödinger invariante, debe invertir el hamiltoniano H del sistema, es decir, debe actuar del siguiente modo: $TH = -H$. En efecto, si no lo hace así, obtenemos una evidente diferencia entre la ecuación de Schrödinger y la ecuación invertida, tal como se mostró más arriba en el ejemplo de Holster. Por lo tanto, continúa el argumento, la manera correcta de aplicar la inversión temporal a la ecuación de Schrödinger está dada, por lo tanto, no por el operador de Racah, sino por un operador que no invierta el estado energético del sistema sino sólo su momento. En otras palabras, el operador debe ser anti-unitario y, precisamente, ésta es la cualidad del operador de Wigner T^* .

En los textos sobre mecánica cuántica se introduce claramente esta idea. Por ejemplo, en el famoso libro de Napolitano Sakurai, se afirma:

“Argumentamos que T no puede ser unitario si el movimiento de inversión temporal tiene sentido. Supongamos que T fuese unitario (...) obtendríamos la ecuación

$$-H\mathbf{T} = \mathbf{T}H$$

Considérese un autoket de energía $|n\rangle$ con su autovalor E_n . El estado temporalmente revertido correspondiente sería $\mathbf{T}|n\rangle$, y obtendríamos

$$H\mathbf{T}|n\rangle = -\mathbf{T}H|n\rangle = -E_n\mathbf{T}|n\rangle$$

Esta ecuación dice que $\mathbf{T}|n\rangle$ es un autoket del Hamiltoniano con autovalores de energía $-E_n$. Pero esto no tiene sentido (...) sabemos que el espectro de energía de una partícula libre es positivo y semidefinido –desde 0 a $+\infty$. (...) El espectro de en el rango de $-\infty$ a 0 sería completamente inaceptable.” (Sakurai 2011: 291).

A su vez, Stephen Gasiorowicz señala que:

“Encontramos que [la ecuación dinámica] puede ser invariante sólo si $\mathbf{T}H = -H$. Esto, sin embargo, es una condición inaceptable, porque la inversión temporal no puede cambiar el espectro de H , el cual sólo consiste de energía positiva. Si \mathbf{T} se considera como anti-unitario (...) el problema no ocurre.” (Gasiorowicz 1966: 27).

A su vez, en su ampliamente difundido texto, Albert Messiah sostiene la misma posición cuando analiza qué operador se debe escoger para transformar estados y variables dinámicas:

“Por lo tanto, estamos conducidos a definir una transformación de variables dinámicas y estados dinámicos, transformación que llamaremos ‘*inversión temporal*’, en la cual r y p , se transforman, respectivamente, en r y $-p$.” (Messiah 1966: 667).

La clave, en apariencia, para exigir el carácter antiunitario del operador T^* consiste en que es el operador que permite que el espectro de energía se mantenga positivo. Filosóficamente, podemos presentar el mismo resultado a partir del siguiente argumento por el absurdo:

(i) Supongamos que T es un operador que cumple los requisitos formales para invertir el orden temporal en mecánica cuántica y puede ser legítimamente utilizado.

(ii) La energía de un sistema temporalmente invertida debe ser la misma que la energía original (*i.e.* dentro del espectro positivo).

(iii) La transformación de la energía ante T viene dada por $\mathbf{T}H$.

(iv) Puesto que el operador T es unitario, $\mathbf{T}H = -H\mathbf{T}$, y esto conduce a la inversión del espectro de energía.

(v) Pero el resultado (iv) contradice (ii); por lo tanto, (i) es falso.

(vi) Ergo, el operador T no debe utilizarse en mecánica cuántica para invertir el orden

temporal.

Una vez que se admite que el operador de Racah T no puede ser el legítimo operador de inversión temporal, se comprueba que el operador de Wigner T^* no invierte el espectro del hamiltoniano y, a la vez, mantiene invariante la ecuación de Schrödinger. Recordemos la ecuación en su forma no vectorial:

$$H\psi = i\hbar \frac{\partial\psi}{\partial t}$$

Dado que T^* invierte el signo de la variable tiempo y conjuga los elementos de la ecuación, su aplicación sobre la ecuación de Schrödinger resulta:

$$H\psi^* = -i\hbar \frac{\partial\psi^*}{\partial -t}$$

donde ψ^* es la función compleja conjugada de ψ , y $-i$ es el complejo conjugado de i . Pero, simplificando los signos menos, esta última ecuación se convierte en:

$$H\psi^* = i\hbar \frac{\partial\psi^*}{\partial t}$$

que tiene exactamente la misma forma que la ecuación de Schrödinger original. Por lo tanto, la ecuación de Schrödinger es T^* -invariante, es decir, invariante ante el operador T^* .

Más allá de las razones técnicas para escoger entre un operador u otro, la pregunta filosóficamente interesante es: este argumento, ¿es suficiente para descartar el operador de Racah como manera de representar la idea de invertir el tiempo y poder plantear el problema de la flecha del tiempo? ¿Qué consecuencias trae esta elección a la hora de discutir si la mecánica cuántica permite o no recoger una dirección temporal física?

Algunos problemas del operador T^* : falsa simetría y trivialización del problema

Establecimos que el problema de la flecha del tiempo se fundaba en analizar la T -invariancia de las leyes. Como se vio, la ecuación de Schrödinger resulta no T -invariante bajo el operador de Racah T , cuya aplicación a conduce a la inversión del espectro de energía. Esto condujo a un nuevo operador de inversión temporal, el operador de Wigner T^* , que posee las propiedades formales apropiadas y que mantiene la ecuación de Schrödinger T^* -invariante. Pero, ¿el operador de Wigner dice algo acerca de la asimetría temporal? ¿Recoge, en algún sentido posible, la idea intuitiva de “invertir el orden del tiempo” y poder evaluar si hay casos de ruptura o no de simetría temporal?

Un argumento para preservar la T -invariancia de la ecuación de Schrödinger consistiría en

sostener que, ya que sólo un operador antiunitario, que involucra una conjugación compleja, como T^* , es admisible en la teoría, la T -invariancia es igual a la T^* -invariancia: la T^* -invariancia sería la única invariancia temporal que, en mecánica cuántica, recoge el sentido de lo que significa, respetando los aspectos y requerimientos formales de la teoría, “invertir el orden temporal”. Sin embargo, creo que hay supuestos inadecuados que sustentan esta postura, y tales supuestos radican en los motivos por los cuales se rechaza un operador como T .

Como se vio en el argumento por el absurdo presentado más arriba, si asumimos T como operador de inversión temporal, el espectro de energía se convierte en negativo ya que $\mathbf{TH} = -H$. Esto conduce a descartar al operador T como legítimo operador de inversión temporal. Sin embargo, ésta no es la única conclusión si no imponemos, implícitamente, la invariancia ante inversión temporal de la teoría. Es decir, el argumento presupone que la ecuación de Schrödinger *debe ser temporalmente invariante* y, para ello, la acción del operador de inversión temporal debe invertir el signo del hamiltoniano. Pero esta estrategia resulta totalmente circular puesto que introduce la invariancia temporal “con la mano”.

Rescapitulando. Al abordar el problema de la flecha del tiempo, reconocimos que las leyes T -invariantes producen como soluciones pares de gemelos T -simétricos que resultan sólo convencionalmente diferentes y, por tanto, no brindan una diferencia sustancial entre las dos direcciones temporales. En cambio, una teoría no T -invariante permitiría poner de manifiesto la diferencia sustancial entre las dos direcciones del tiempo. Por ello, en cada teoría científica era necesario preguntarse si sus leyes son o no T -invariantes. Si lo son, el problema de la flecha del tiempo queda en pie. En el caso de no T -invariancia, el problema queda resuelto por la propia teoría. Ahora bien, al aplicar el operador T a la ecuación de Schrödinger, obtenemos precisamente este segundo caso. Sin embargo, ¿se lo desecha precisamente por ello! En otras palabras, no es que el operador T no cumpla con las propiedades formales de la teoría, sino que, al aplicarse a la ecuación dinámica de la mecánica cuántica no la conserva invariante. Pero precisamente, eso es la no T -invariancia. En definitiva, el reemplazo del operador T por T^* no parece justificado desde una perspectiva neutral respecto de la flecha del tiempo, ya que impone la invariancia temporal desde el comienzo; lo cual es confuso ya que se estaría cayendo en un círculo argumentativo si se quiere probar que la teoría es invariante ante inversión temporal. En estos términos, la simetría temporal que se logra mediante el operador de Wigner es artificial y esta “puesta con la mano”: se modifica el operador de inversión temporal *para que* conserve la simetría temporal, porque de otra manera no es concebible la idea un tiempo invertido en mecánica cuántica.

La dificultad que se presenta para el problema de la flecha del tiempo en el contexto de la mecánica cuántica, y en los términos en que se ha mostrado, una dificultad real a la hora de qué operador de inversión temporal elegir, puede resumirse en los siguientes términos: al aplicar el operador T a la ecuación de Schrödinger, uno tiene dos opciones, o bien (i) acepta que la teoría es no T -invariante, o bien (ii) modifica el operador. Para abordar el problema de la flecha del tiempo, escoger la segunda opción conduce a una trivialización del problema, ya que

la teoría nunca podría ser no invariante ante inversión temporal. Si se generaliza esa práctica, ninguna teoría podría ser no T -invariante y el problema de la flecha del tiempo en física (al menos en términos del argumento nomológico) perdería sentido. Al escoger la segunda opción, conceptualmente uno estaría obligado a admitir que el problema de la flecha del tiempo no puede plantearse en mecánica cuántica.

Conclusiones

El problema de la flecha del tiempo en física ha sido abordado, usualmente, en términos del hallazgo de leyes no T -invariantes, ya que es la manera formal y técnica de representar la idea intuitiva de “inversión temporal”. El trabajo ha mostrado que, cuando el problema es planteado en el contexto de la mecánica cuántica, existe un genuino problema a la hora de cómo interpretar el operador de inversión temporal, surgiendo dos posibles candidatos: el operador de Racah y el operador de Wigner. Según el primero, la teoría resulta no T -invariante, permitiendo recoger una dirección temporal; según el segundo, la teoría es T -invariante. A continuación, expuse los argumentos que son esgrimidos usualmente para afirmar que la mecánica cuántica es una teoría T -invariante (o T^* -invariante), descartando el operador de Racah. En este punto, argumenté por qué esta forma usual de proceder trivializa el problema de la flecha del tiempo, ya que los motivos para descartar el operador de Racah y escoger el operador de Wigner presuponen la conservación de la simetría temporal. En este sentido, desde el problema de la flecha del tiempo, el operador de Racah resultaría más adecuado para poder plantear el problema, ya que no sólo conserva las propiedades formales utilizadas en otros contextos teóricos sino que además no presupone la simetría temporal; si, por el motivo que fuese, el operador de Racah no fuera el indicado para invertir el tiempo en mecánica cuántica, entonces es un trabajo pendiente para la filosofía de la física y del tiempo, construir un nuevo operador que no sólo cumpla con los requisitos formales necesarios sino, además, con los requisitos conceptuales adecuados.

Bibliografía

- ALLDAY, J. (2009). *Quantum Reality: Theory and Philosophy*. USA: CRC Press
- BUTTERFIELD, J. (2013). “On time in quantum mechanics”, en *A Companion to the Philosophy of Time*, editado por Heather Dyke y Adrian Bardon, 220-241, Oxford: Willey-Blackwell.
- CALLENDER, C. (2000). “Is time ‘handed’ in a quantum world?”, *Proceedings of the Aristotelian Society*, 100: 247-269.
- CASTAGNINO, M., GADELLA, M. Y LOMBARDI, O. (2005). “Time’s arrow and irreversibility in time-asymmetric quantum mechanics”, *International Studies in the Philosophy of Science*, 19: 223-243.
- CASTAGNINO, M., LOMBARDI, O. Y LARA, L. (2009). “The global non-entropic arrow of time: from global geometrical asymmetry to local energy flow”, *Synthese*, 169: 1-25.
- COSTA DE BEAUREGARD, O. (1980). “CPT invariance and interpretation of quantum mechanics”, *Foundations of Physics*, 10: 513-530.

- EARMAN, J. (2002). "What time reversal is and why it matters", *International Studies in the Philosophy of Science*, 16: 245-264.
- GASIOROWICZ, S. (1966). *Elementary Particle Physics*. New York: John Wiley and Sons.
- HARTLE, J. (2013). "The quantum mechanical arrows of time", conferencia en honor de los 80 años de Yakir Aharonov, *Fundamental Aspects of Quantum Theory: A two-time winner*. Orange: Chapman University.
- HOLSTER, A. (2014). "The quantum mechanical time reversal operator". <http://philsci-archive.pitt.edu/id/eprint/1449>.
- JAUCH, J. M. Y ROHRLICH, F. (1959). *The Theory of Photons and Electrons*. Massachusetts: Addison-Wesley.
- MAUDLIN, T. (2007). *Metaphysics Within Physics*. New York: Oxford University Press.
- MESSIAH, A. (1966). *Quantum Mechanics*. New York: John Wiley and Sons.
- North, J. (2011). "TIME IN THERMODYNAMICS", PP. 312-350, EN C. CALLENDER (ED.), *THE OXFORD Handbook of Philosophy of Time*. Oxford: Oxford University Press.
- REICHENBACH, H. (1956). *The Direction of Time*. Berkeley: University of California Press.
- SAKURAI, J. J. Y NAPOLITANO, J. (2011). *Modern Quantum Mechanics*. San Francisco: Addison-Wesley.
- SAVITT, S. (1996). "The direction of time", *The British Journal for the Philosophy of Science*, 47: 347-370.
- SKLAR, L. (1974). *Space, Time and Spacetime*. Berkeley: University of California Press.
- WIGNER, E. (1939). "On unitary representations of the inhomogeneous Lorentz group", *Annals of Mathematics*, 40: 149-204.

Información, control y causación¹

Cristian Ariel López*, Olimpia Lombardi†

Introducción

En los últimos años, el concepto de *información* ha desempeñado un papel cada vez más fundamental en el ámbito de la filosofía de la física. El vertiginoso desarrollo de la *información* y la *computación cuántica* condujo a un creciente interés por parte de los filósofos acerca de los fundamentos de la información y su estatus conceptual en las diferentes teorías físicas. Sin embargo, no hay consenso en la comunidad científica y filosófica acerca de qué es la información o a qué refiere el término ‘información’. Plausiblemente, el motivo radique en que se trata de un fenómeno polimórfico y un concepto polisemántico (Floridi 2011), lo cual ha conducido a generar pocos acuerdos y diversas posiciones al respecto. La emergencia de la *filosofía de la información*, como campo de indagación sistemático y autónomo, da cuentas de la relevancia filosófica que el concepto ha adquirido en los últimos años.

Es usual distinguir diferentes interpretaciones del concepto de información cuando es analizado en el marco de las ciencias físicas. La *interpretación física* de la información despierta particular interés y relevancia ya que recoge la manera usual en la que el concepto es utilizado por los científicos. Sin embargo, esta interpretación debe hacer frente a serios problemas cuando se considera la transmisión *cuántica* de información, en particular, el protocolo de teleportación: la posibilidad de transmitir información mediante sistemas cuánticos con estados entrelazados sin requerir una señal portadora y un canal físico que vincule fuente y receptor, pone en jaque a esta interpretación donde estos requerimientos han sido considerados necesarios y fundamentales para dar sentido a una noción física del concepto de información. En virtud de ello, algunas interpretaciones alternativas han ido tomando mayor relevancia, ya sea deflacionando el concepto de información (Timpson 2004), ya se entendiéndolo en un sentido fundamentalmente epistémico (Dretske 1981).

Este artículo buscará elucidar el concepto de información en un contexto comunicacional. Para este propósito, analizaremos las dos interpretaciones clásicas de la información, la interpretación epistémica y la interpretación física, mostrando sus dificultades y ventajas. El objetivo del artículo es argumentar a favor de una interpretación física de la información, mostrando cómo las dificultades que la interpretación presenta pueden ser superadas si se consideran las nociones causales involucradas en toda situación comunicacional, a partir de un *enfoque manipulabilista e intervencionista de la causación*.

En vistas a cumplir con el objetivo, el trabajo se articulará de la siguiente forma: en la

* Universidad de Buenos Aires / CONICET

† Universidad de Buenos Aires / CONICET

Sección 2, definiremos el concepto de información a un sentido técnico-estadístico y un contexto comunicacional. En la Sección 3, presentaremos las dos interpretaciones clásicas de la información, señalando sus dificultades. En la Sección 4, expondremos el enfoque manipulabilista de la causalidad, en particular, su versión intervencionista. En la Sección 5, mostraremos el vínculo entre información, causalidad y manipulación, señalando cómo la interpretación física puede superar sus dificultades a partir de este vínculo. Finalmente, ofreceremos nuestras conclusiones.

Información desde un enfoque estadístico y un contexto comunicacional

Intuitivamente, el concepto de información parece estar relacionado con el concepto de transmisión y almacenamiento de *datos*. Desafortunadamente, el concepto de datos no es sólo filosóficamente oscuro sino que tiene un enorme rango de aplicaciones posibles. Muchas discusiones se han visto empañadas por confundir diferentes usos y sentidos del concepto de información. Por ello, resulta metodológicamente útil y conceptualmente esclarecedor, hacer primero algunas distinciones que constriñan el dominio del concepto de información que será considerado en este trabajo.

En un primer acercamiento sistemático al concepto de información, pueden distinguirse dos tipos de *enfoque*: un enfoque semántico y un enfoque estadístico. Según el primero, la información porta contenido semántico y considera nociones como verdad, significado o representación. Por el contrario, de acuerdo al segundo, son las propiedades estadísticas de un sistema y/o de las correlaciones entre los estados de un sistema, los aspectos relevantes a la hora de hablar de información. Christopher Timpson (2004) ha denominado *información técnica* a este sentido de información, y es el enfoque que, habitualmente, se ha asumido en las diferentes teorías formales de la información y su aplicación a las ciencias físicas.

Sin embargo, aun asumiendo un enfoque estadístico y técnico de información, el concepto sigue siendo poco específico y pasible de ser utilizado de diferentes maneras con sentidos diversos. Para evitar ambigüedad es posible distinguir diferentes *contextos* donde el término es utilizado. En términos generales, pueden identificarse dos contextos: un contexto computacional y un contexto comunicacional. En un contexto computacional, usualmente se entiende que la información es algo que ser computado y almacenado de una manera eficiente. Por ejemplo, teorías de complejidad algorítmica como las de Chaitin (1966) o Kolmogorov (1965), consideran a la información en estos términos. En un contexto comunicacional, la información es entendida como algo que puede ser transmitido entre dos puntos del espacio con fines comunicativos. En el presente trabajo, asumiremos un enfoque estadístico y un contexto comunicacional del concepto de información.

Una situación comunicacional puede ser muy compleja y disponer de una gran variedad de elementos. No está entre las pretensiones de este trabajo ofrecer una definición ni un análisis filosófico de qué es la comunicación. Sin embargo, algunos elementos y características básicas pueden ser abstraídos y generalizados para toda situación comunicacional. En términos

generales, pueden identificarse tres elementos en toda comunicación: una fuente, un canal y un destinatario. De manera muy abstracta, la fuente S produce una cantidad de información $I(S)$ que será transmitida al destinatario D , el cual recibe una cantidad de información determinada, $I(D)$; la información es transmitida por un canal C que vincula fuente y destinatario. La *Teoría Matemática de la Comunicación* de Shannon exhibe este esquema, considerando a S y D como sistemas con un rango de estados posibles, cada uno con su propia probabilidad, y a C en términos de probabilidades condicionales. Esta teoría permite calcular, con facilidad, la cantidad de información que produce una fuente, la cantidad de información que recibe el destinatario, así como otras cantidades como el ruido, la equivocidad, la información mutua, etc. (para más detalles de Shannon, ver Shannon 1948).

Otro rasgo que caracteriza a toda situación comunicacional es el tipo de vínculo que existe entre fuente y destinatario. En primer lugar, se advierte que existen ciertas correlaciones entre fuente y receptor, más débiles o más fuertes dependiendo del éxito comunicacional: por ejemplo, en una situación ideal, donde las correlaciones son uno-a-uno, es posible identificar cada estado del receptor con un estado de la fuente. Sin embargo, la existencia de meras correlaciones no garantiza la comunicación. En algún sentido, la información que el destinatario recibe depende de la fuente en un sentido más fuerte: la selección de un mensaje en la fuente (entre todos los posibles) es condición *sine qua non* para la recepción del mensaje en el destinatario. Una situación comunicacional, por lo tanto, parece requerir que cierta acción llevada a cabo en la fuente modifique el estado del destinatario, de manera que el estado de la fuente pueda ser identificado en el destinatario.

Interpretaciones de la información: física y epistémica

A pesar de haber restringido el dominio de aplicaciones posibles del término información, su elucidación filosófica está recién comenzando. La información, ¿tiene una naturaleza puramente epistémico-semántica o es un ítem que forma parte del mundo? Las teorías formales de la información, como la teoría de Shannon, a pesar de su enorme éxito práctico, no son suficientes para fijar una interpretación del concepto de información y, en efecto, son compatibles con varias interpretaciones: no se pronuncian acerca de cuál es la naturaleza de la información. En la bibliografía, pueden distinguirse dos interpretaciones clásicas del concepto de información en un contexto comunicacional: una interpretación epistémica y una interpretación física.

De acuerdo a la *interpretación epistémica*, la información “es un bien que, dado el recipiente adecuado, es capaz de producir conocimiento” (Dretske, 1981: 47). Intuitivamente, el concepto cotidiano de información está fuertemente vinculado a la idea de conocimiento: cuando escuchamos las noticias, recibimos información acerca de ciertos eventos que ignorábamos previamente. La interpretación epistémica intenta recoger estas intuiciones y darles un tratamiento sistemático que permita elucidar la naturaleza fundamentalmente cognoscitiva y epistémica de la información. En palabras de Fred Dretske: “un estado de hechos contiene información acerca de X sólo en la medida en que un observador adecuado pueda aprender

algo acerca de X consultándolo” (Dretske, 1981: 45). Desde este punto de vista, la información está siempre vinculada a un incremento en el conocimiento de la persona que la recibe; Donald MacKay afirma que “decimos que hemos ganado información cuando sabemos algo ahora que no sabíamos antes; cuando ‘lo que sabemos’ cambió” (MacKay, 1969: 10). Así, la información es considerada un ítem mental-epistémico relacionado con el incremento de conocimiento de quien la recibe.

Por el contrario, de acuerdo a la *interpretación física*, la información es una magnitud física, algo que puede ser generado en un punto del espacio físico y transmitido a otro punto; que puede ser acumulado, almacenado y convertido de una forma a otra (Rovelli 1996). Uno de los exponentes que más fuertemente ha defendido la interpretación física de la información es Rolf Landauer, quien afirma que “información no es una entidad abstracta descorporizada; está siempre ligada a una representación física. Se representa grabando sobre una tabla de piedra, un espín, una carga, un agujero en una tarjeta, una marca sobre un papel o sobre alguna otra cosa equivalente” (1996: 88). Usualmente, la interpretación física de la información es vinculada con un conocido *dictum*: “no hay información sin representación”, lo que significa que la transmisión de información entre dos puntos del espacio físico requiere una señal portadora, es decir, un proceso físico que se propague de un punto del espacio a otro.

Si bien ambas interpretaciones son compatibles con las teorías formales de la información disponibles y han sido utilizadas en el ámbito de la física, cada una tiene una serie de consecuencias que hace que la decisión de cuál interpretación adoptar sea filosóficamente relevante. La interpretación epistémica permite recoger, de una manera sistemática, nuestras intuiciones cotidianas acerca de la naturaleza semántico-cognoscitiva de la información. Sin embargo, la transmisión de información desde este punto de vista no requiere de una conexión física entre fuente y destinatario, lo cual conduce a aceptar que situaciones que evidentemente no involucran transmisión de información alguna, sean consideradas comunicacionales. Por ejemplo, consideremos el siguiente caso:

Supongamos una antena de televisión T que emite señales electromagnéticas y dos televisores (TV_1 y TV_2) que reciben esas señales. En esta situación claramente comunicacional, podemos establecer algunos vínculos y correlaciones de manera firme: existe correlación y comunicación entre los estados de TV_1 y TV_2 y los estados de la antena de transmisión T , de manera que podemos saber qué sucede en cualquiera de los dos televisores con sólo saber qué señal está emitiendo la antena T . Pero, además, existe una fuerte correlación entre TV_1 y TV_2 : mirando el estado de uno de los televisores podemos conocer, inmediatamente, cuál es el estado del otro, a pesar de no existir ninguna relación física entre ellos.

El punto es si la existencia de esta correlación nos permite afirmar que existe transmisión de información entre TV_1 y TV_2 . Intuitivamente diríamos que no, y la interpretación física permite fundamentar esta intuición en término de la ausencia de un vínculo físico (un canal o señal portadora de la información). Sin embargo, desde una interpretación epistémica de la información, la ausencia de un vínculo físico no nos habilita a negar la transmisión de

información: en efecto, es posible *aprender* algo acerca de TV_1 con sólo mirar TV_2 y viceversa. Por lo tanto, desde este punto de vista, debemos admitir que sí existe transmisión de información, aunque este resultado sea eminentemente anti intuitivo: “Si las relaciones estadísticas que definen equivocidad y ruido entre S y R son apropiadas, entonces hay un canal entre esos dos puntos, y hay información entre ellos, aunque no haya un vínculo físico directo entre S y R ” (Dretske, 1981: 38). La incapacidad de la interpretación epistémica de poder diferenciar meras correlaciones de situaciones genuinamente comunicacionales es un problema serio, y una de las razones para descartar esta interpretación de la información en las ciencias físicas.

Si bien la interpretación física puede lidiar de manera exitosa con problemas de este tipo, encuentra dificultades cuando se consideran situaciones comunicacionales en el campo de la mecánica cuántica. El ejemplo paradigmático de transmisión cuántica de información es el protocolo de teleportación. En términos generales, un estado cuántico desconocido $|x\rangle$ es transferido de Alice a Bob mediante la asistencia de un par compartido de partículas preparadas en un estado entrelazado y de dos bits clásicos (la descripción del protocolo puede encontrarse en cualquier texto sobre el tema, *v.g.*, Nielsen y Chuang 2010). Sin embargo, es claro que no existe un canal cuántico mediante el cual la información contenida en el estado cuántico pueda transmitirse. Por lo tanto, ¿cómo Bob ha obtenido la información? ¿Es la teleportación un genuino caso de transmisión de información? Desde el punto de vista de la interpretación física, la inexistencia de un vínculo físico o una señal portadora que permita transmitir el estado cuántico obliga a admitir que no existe transmisión de la información en el protocolo de teleportación. El problema es claro: existen casos donde necesitamos hablar de transmisión de información, pero que la interpretación no permite recoger. ¿Es posible sostener una interpretación física de la información y lidiar con estos problemas? Veamos cuáles son las alternativas disponibles:

1. Si conservamos la interpretación física y creemos que hay transmisión de información, nos vemos forzados a adoptar soluciones artificiales. Roger Penrose (1998), por ejemplo, sostiene una interpretación física de la información y considera que, para que el protocolo de teleportación tenga sentido físico, es necesario considerar que la información viaja hacia el pasado y luego hacia el futuro. David Deutsch y Patrick Hayden (2000), por su parte, consideran que en realidad la información cuántica que Alice quiere transmitir a Bob viaja oculta en los dos bits enviados por un canal clásico. Más allá de la plausibilidad o no de estas respuestas, consideramos que sería mejor evitar este tipo de soluciones artificiales que conllevan compromisos filosóficos y físicos muy fuertes (por ejemplo, la posibilidad de que la información viaje al pasado).

2. O bien conservamos la interpretación física, pero negamos que haya transmisión de información en el protocolo de teleportación. Esta conclusión, derivada de la ausencia de un canal físico que transporte el estado cuántico de Alice a Bob nos obliga a considerar que, en realidad, la teleportación no es un caso genuino de comunicación, contradiciendo las consideraciones y maneras de proceder de los científicos.

3. O bien consideramos que sí existe transmisión de información entre Alice y Bob, pero la información no tiene naturaleza física alguna, abandonando la interpretación física.

Creemos que todas estas opciones resultan en alguna medida inadecuadas, conduciéndonos a una aporía difícil de superar: la interpretación física parece hallarse a un callejón sin salida. La propuesta filosófica de este trabajo consiste en ofrecer una salida efectiva a esta aporía, conservando una interpretación física de la información y asumiendo que existe genuina transmisión de información en el protocolo de teleportación. Para ello, vamos a considerar que la existencia de un canal físico y una señal portadora no es esencial para asumir una interpretación física de la información. Estrictamente, la tesis de la interpretación física afirma que la información es una magnitud física y no se deriva de ella, necesariamente, la necesidad de una señal portadora o un canal físico, sino que esta condición es una suposición natural de considerar sistemas clásicos. En su lugar, atenderemos a las relaciones causales que parecen subyacer a toda situación comunicacional: independientemente de considerar un canal o una señal, una situación comunicacional requiere que lo que sucede en la fuente *produce* o *causa* lo que sucede en el destinatario; y mediante un enfoque manipulabilista de la causación, esperamos poner al descubierto esta relación entre causación y comunicación. Esperamos que esta propuesta libre a la interpretación física de sus problemas, enriqueciéndola.

Causación, manipulabilidad e intervención

Naturalmente, una de las primeras objeciones que pueden hacerse contra nuestra propuesta es que intentamos elucidar un concepto oscuro –como el de información–, mediante un concepto más oscuro aún –el de causa. En efecto, el problema de qué es una relación causal es uno de los tópicos más discutidos en la historia de la filosofía. Sin embargo esta objeción es neutralizada en cuanto adoptamos una posición pragmática que no busca desvelar la naturaleza última de la causalidad. Nuestro compromiso con asumir una teoría de la causalidad, entra las muchas y variadas que existen, no implica un compromiso profundo con lo que la teoría diga acerca de la naturaleza de una relación causal, sino con los criterios que pueden seguirse para identificar relaciones causales. Por lo tanto, no buscamos elucidar un concepto oscuro mediante un concepto más oscuro aún, sino utilizar, en el marco de una teoría de la causalidad determinada, criterios pragmáticos que nos permitan identificar situaciones comunicacionales como relaciones causales.

Si nuestro propósito es sostener una interpretación física de la información, parece razonable apelar a las concepciones físicas de la causalidad, descartando teorías contrafácticas, por ejemplo. La causación ha sido entendida, físicamente, en términos de flujo de energía (Fair 1979, Castañeda 1984), procesos físicos (Dowe 1992) o transferencia de propiedades (Ehring 1997, Kistler 1998). Sin embargo, todos estos enfoques involucran vinculaciones e interacciones físicas mediante líneas de conexión espacio-temporales. Pero, precisamente, este es el problema que encontrábamos en la interpretación física: la ausencia de conexión espacio-temporal nos impedía hablar de la teleportación como un fenómeno comunicacional. Por lo

tanto, la solución ha de ser buscada en alguna teoría de la causalidad que no requiera conexión física entre causa y efecto.

Más allá de la discusión filosófica en torno al concepto de causa, cotidianamente somos capaces de seguir criterios intuitivos que nos permiten distinguir meras correlaciones de relaciones causales, independientemente de considerar si existe o no conexión espacio-temporal entre causa y efecto. Pueden identificarse infinitas correlaciones en nuestras vidas, sin embargo sabemos, en la mayoría de los casos, distinguir cuáles de ellas involucran relaciones causales. Uno de los rasgos intuitivos para hacer esta distinción es la capacidad de control y manipulación de la relación: una relación causal nos permite controlar algún estado del efecto, manipulando algún estado de la causa. Esta idea fue precisada y definida por Nancy Cartwright (1979) en términos de *estrategias efectivas e inefectivas*: una estrategia efectiva, que permite el control de algún estado o variable en un sistema mediante la manipulación de algún estado o variable en otro sistema, es posible sólo si existe una relación causal entre ambos. En términos de teorías de la causación, el *enfoque manipulabilista de la causación* ha intentado ofrecer un tratamiento sistemático y conceptual de las relaciones causales en estos términos.

En sentido estricto, el enfoque manipulabilista de la causalidad es una familia de teorías que apelan a nociones como control y manipulación para analizar relaciones causales. La idea central del enfoque es afirmar que “en una relación causal, la manipulación de la causa resultará en la manipulación del efecto” (Cook y Campell 1979), es decir, sólo las relaciones causales, y no las meras correlaciones, pueden ser utilizadas por nosotros en vistas a obtener algún tipo de resultado particular (Frisch 2014). Las primeras versiones del enfoque manipulabilistas fueron presentadas por Georg von Wright (1971), Peter Menzies (1993) y Huw Price (1991), que pusieron el acento en las capacidades de manipulación de un agente: “un evento A es una causa de un evento distinto B sólo en caso de que producir la aparición de A sea un medio efectivo por el cual un agente libre pudiera producir la aparición de B ” (Menzies y Price, 1993: 187). Sin embargo, estas primeras versiones fueron rápidamente desacreditadas por su sesgo fuertemente antropocéntrico (la necesidad de un agente humano que pueda llevar a cabo la manipulación) y por su carácter circular (reducir el concepto de causa a nociones que también son causales, como “hacer” o “producir”).

No obstante, algunos desarrollos posteriores del enfoque manipulabilista han sabido sortear estas críticas. Particularmente, la versión *intervencionista* de la causalidad (desarrollada por James Woodward, entre otros) se ha mostrado atractiva en el modelado de relaciones causales en diversos ámbitos como la economía, el diseño experimental y la estadística. En primer lugar, la versión intervencionista de la manipulabilidad no pretende reducir las relaciones causales a nociones no causales y tampoco busca elucidar cuál es la naturaleza de la causalidad. Sus pretensiones apuntan a delimitar el dominio de la causalidad por medio de las posibilidades de control o manipulación. Como sostiene Mathias Frisch: “los resultados de intervenciones en un sistema son guías para exhibir la estructura causal del sistema” (Frisch, 2014: 78).

Pero, ¿qué es una intervención? De manera informal, si consideramos una relación entre dos variables X e Y , una intervención es un proceso externo y causal que modifica el valor de

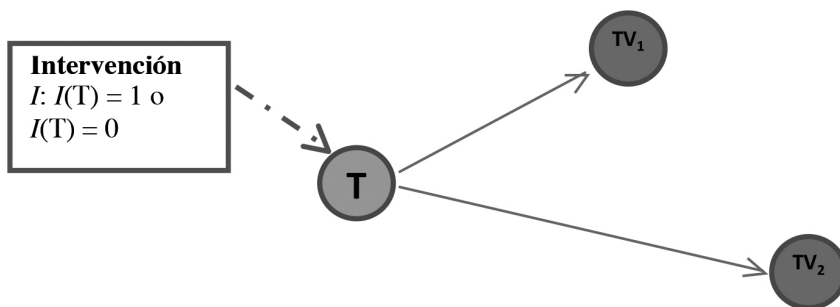
X de una manera específica: “la idea intuitiva es que una intervención sobre X con respecto a Y cambia el valor de X de manera tal que si cualquier cambio ocurre en Y , ocurre sólo como resultado de haber cambiado el valor de X y de ninguna otra manera” (Woodward, 2003: 14). En este caso, la relación entre X e Y es un genuino caso de relación causal.

Como mencionamos, el intervencionismo escapa de las críticas hechas a las primeras versiones manipulabilistas: escapa del antropocentrismo ya que el enfoque no considera sólo intervenciones factuales hechas por un agente libre, sino que considera intervenciones contrafácticamente posibles, sin referencia a la intervención humana. Escapa a la crítica de circularidad porque trata de poner al descubierto relaciones causales concretas que subyacen a una situación determinada; evidentemente, una intervención es una relación causal pero la intervención no tiene como propósito alumbrar el significado de qué es una relación causal en general sino de operar como criterio que nos permita decir que en una situación determinada existe una relación causal entre determinadas variables.

Transmisión de información como una estructura causal: información, causación e intervención

Apelar a la teoría intervencionista puede ayudarnos a sostener una interpretación física de la información, en particular, mostrando que toda relación comunicacional donde se transmite información exhibe una estructura causal que puede ser puesta al descubierto utilizando manipulación e intervención.

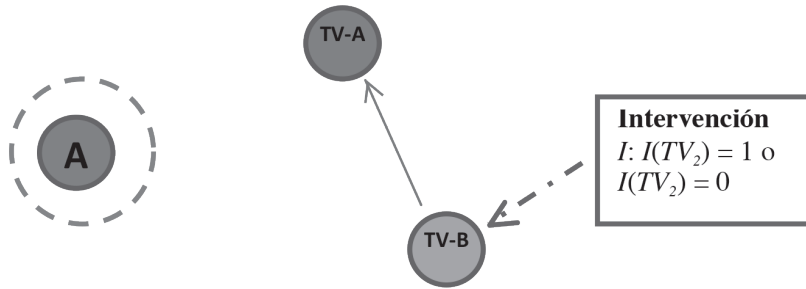
Recordemos el ejemplo de una antena y dos televisores correlacionados. Es fácil ver cómo una estructura causal subyace a la situación comunicacional. Pensemos en la relación comunicacional que existe entre la antena de transmisión y los dos televisores desde un punto de vista intervencionista



Una intervención sobre T se define como una acción que altera y fija el valor de una variable de T . En este caso, por ejemplo, supongamos que llevamos a cabo una intervención sobre la antena que cambia el valor de $T=1$ a $T=0$ (por ejemplo, se interrumpe la corriente de la antena). La existencia de una relación causal entre la antena (la causa) y sus efectos (los estados de los

televisores) queda en evidencia cuando al intervenir sobre la antena, el estado de los televisores también es alterado (la señal se interrumpe, por ejemplo). Así, podemos manipular el estado de los televisores mediante una intervención que altere el estado de la antena, y esto es posible porque existe una relación causal entre ellos. El punto es que esta relación causal coincide con la relación comunicacional que existe entre la antena y los dos televisores, permitiéndonos afirmar que donde existe la primera, existe la segunda.

Abordemos ahora la relación entre los dos televisores. Si bien existe una fuerte correlación entre ellos, como hemos mencionado, intuitivamente no afirmaríamos que existe transmisión de información entre ellos. La situación puede ser vista de la siguiente manera

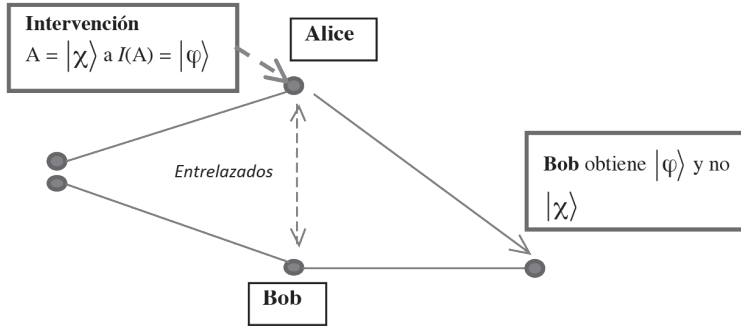


Nuevamente, si existe una relación causal que justifique la correlación entre TV_1 y TV_2 , entonces es posible manipular TV_1 interviniendo alguna variable en TV_2 . Sin embargo, es obvio que al intervenir en TV_2 nada sucede en TV_1 . La conclusión es sencilla: no existe una relación causal entre ambos televisores. El vínculo que establecimos entre relación causal y relación comunicacional nos habilita a negar que exista transmisión de información entre ambos televisores, ya que no es posible producir un resultado determinado en un televisor alterando el estado del otro; y esto coincide con nuestras intuiciones acerca de la comunicación.

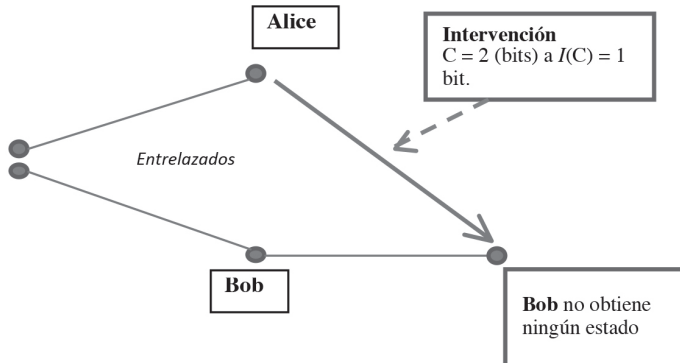
Sin embargo, este no era el hueso duro de roer para la interpretación física. Como vimos, el caso que ofrecía dificultades a la interpretación física de la información era el de la comunicación mediante estados cuánticos entrelazados, la teleportación: ¿cómo Bob puede obtener información, desde un punto de vista físico, si no existe un canal cuántico mediante el cual la información sea transmitida? ¿Existe información física que sea transmitida en este caso? La respuesta dependerá de si existe una estructura causal en el protocolo de teleportación que pueda ser exhibida a partir de condiciones de control, manipulación e intervención.

En términos generales, la estrategia es similar a la utilizada en el modelo de los dos televisores, aunque el protocolo de teleportación contiene con algunos elementos extras: Alice no sólo cuenta con una parte del par entrelazado, sino que también tiene acceso

al estado $|x\rangle$ que será teletransportado, y, además, cuenta con dos sistemas clásicos de dos estados que enviará los dos bits clásicos mediante un canal también clásico. El protocolo de teleportación requiere de esos tres elementos y en vistas a demostrar la estructura causal que le subyace y, por lo tanto, las relaciones comunicacionales que existen, las intervenciones pueden ser llevadas a cabo en varios puntos. Por ejemplo, una intervención puede ser llevada a cabo sobre Alice cambiando el estado a ser teletransportado de $|x\rangle$ a $|\varphi\rangle$.



Evidentemente, Bob no obtendrá el estado $|x\rangle$ si una intervención cambia el estado a ser enviado por $|\varphi\rangle$. En otras palabras, uno puede manipular qué estado obtendrá Bob manipulando el estado que Alice prepara, lo cual exhibe una estructura causal que puede ser pensada en términos informacionales. Pero, como dijimos, el protocolo de teleportación tiene otros elementos extras, como por ejemplo, los dos bits que son enviados por un canal clásico de Alice a Bob



Otra posible intervención podría operar sobre el canal clásico. En lugar de transportar dos bits, intervenimos de manera tal que Bob sólo obtenga un bit de información. Naturalmente, él no obtendrá ningún estado cuántico si sólo recibe un bit de información, ya que no podrá reconstruir el estado que Alice preparó. Nuevamente, hay una estructura causal aquí que exhibe la existencia de comunicación entre Alice y Bob.

Conclusiones

En el presente trabajo argumentamos a favor de una interpretación física de la información mediante una novedosa manera de establecer sus condiciones. Ciniéndonos a un enfoque estadístico-técnico de información y a un contexto comunicacional, expusimos las tesis de las dos interpretaciones clásicas de la información, la epistémica y la física, mostrando sus ventajas y dificultades. Buscando sostener una interpretación física de la información, mostramos una de sus más serias dificultades: dar cuenta de la existencia de transmisión de información en el protocolo de teleportación cuántica. Para superar estas dificultades, modificamos algunas condiciones de la interpretación física acorde con algunas características básicas de la comunicación: la posibilidad de manipular y controlar el receptor mediante la manipulación y el control de la fuente. Esta idea fue precisada asumiendo la existencia de una estructura causal subyacente pasible de ser identificada mediante un enfoque manipulabilista de la causalidad, en particular, una versión intervencionista. De esta manera, mostramos cómo el problema que suponía dar cuenta de la transmisión de información en el protocolo de teleportación en términos de información física podía ser superado, sumando motivos para considerar que la interpretación física de la información es una interpretación no sólo posible, sino sumamente adecuada en varios contextos comunicacionales en física.

Bibliografía

- CARTWRIGHT, N. (1979). "Causal Laws and Effective Strategies." *Noûs*, **13**: 419-37.
- CASTAÑEDA, H. (1984). "Causes, Causity, and Energy." Pp. 17-27, in P. French, T. Uehling Jr., and H. Wettstein (eds.), *Midwest Studies in Philosophy IX*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- CHAITIN, G. (1966). "On the Length of Programs for Computing Binary Sequences." *Journal of the Association for Computing Machinery*, **13**: 547-569.
- COOK, T. Y CAMPBELL, D. (1979). *Quasi-Experimentation: Design and Analysis Issues for Field Settings*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- DEUTSCH, D. Y HAYDEN, P. (2000). "Information Flow in Entangled Quantum Systems." *Proceedings of the Royal Society of London A*, **456**: 1759-1774.
- DOWE, P. (1992). "Wesley Salmon's Process Theory of Causality and the Conserved Quantity Theory." *Philosophy of Science*, **59**: 195-216.
- EHRING, D. (1986). "The Transference Theory of Causality." *Synthese*, **67**: 249-58.
- FAIR, D. (1979). "Causation and the Flow of Energy." *Erkenntnis*, **14**: 219-250.

- FLORIDI, L. (2011). *The Philosophy of Information*. Oxford: Oxford University Press.
- KISTLER, M. (1998). "Reducing Causality to Transmission." *Erkenntnis*, **48**: 1-24.
- KOLMOGOROV, A. (1965). "Three Approaches to the Quantitative Definition of Information." *Problems of Information Transmission*, **1**: 4-7
- LANDAUER, R. (1991). "Information is Physical." *Physics Today*, **44**: 23-29.
- _____. (1996). "The Physical Nature of Information." *Physics Letters A*, **217**: 188-193.
- MACKAY, D. (1969). *Information, Mechanism and Meaning*. Cambridge: MIT Press.
- MENZIES, P. Y PRICE, H. (1993). "Causation as a Secondary Quality." *British Journal for the Philosophy of Science*, **44**: 187-203.
- NIELSEN, M. Y CHUANG, I. (2010). *Quantum Computation and Quantum Information*. Cambridge: Cambridge University Press.
- PENROSE, R. (1998). "Quantum Computation, Entanglement and State Reduction." *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A*, **356**: 1927-1939.
- PRICE, H. (1991). "Agency and Probabilistic Causality." *British Journal for the Philosophy of Science*, **42**: 157-176.
- ROVELLI, C. (1996). "Relational Quantum Mechanics." *International Journal of Theoretical Physics*, **35**: 1637-1678.
- RUSSELL, B. (1912). "On the Notion of Cause." *Proceedings of the Aristotelian Society*, **13**: 1-26.
- SHANNON, C. (1948). "The mathematical theory of communication". *Bell System Technical Journal*, **27**: 379-423.
- TIMPSON, C. (2004). *Quantum Information Theory and the Foundations of Quantum Mechanics*. PhD diss., University of Oxford (quant-ph/0412063).
- WOODWARD, J. (2003). *Making Things Happen: A Theory of Causal Explanation*. Oxford: Oxford University Press.

Racionalidad y emociones: una perspectiva deweyana

Federico E. López*, Chantal Paula Rosengurt†

Introducción

Tradicionalmente, el conocimiento y la actividad racional en general han sido comprendidos como opuestos o, al menos, como ajenos a todo aspecto emocional y afectivo de la actividad humana. Esta separación hallaba fundamento en la comprensión dualista del hombre como compuesto de una mente y un cuerpo pertenecientes a reinos metafísicamente separados y en gran medida contrarios. Así, el conocimiento quedaba circunscripto al ámbito puramente intelectual mientras que las emociones resultaban ligadas más bien al cuerpo capaz de percepción y sensación. Esta separación metafísica tenía a su vez un correlato metodológico en el ámbito del conocimiento: si la actividad cognitiva, ejemplarmente representada por la ciencia, quería merecer el título de racional, debía hacer a un lado todo componente subjetivo, tal como lo serían lo emocional y lo afectivo, que sólo podían actuar como una suerte de interferencia distorsiva.

A pesar de esta posición y de su peso en la tradición, hace ya algunos años que la filosofía intenta superar dicotomías como ésta llamando la atención sobre la continuidad allí donde la tradición imponía abismos metafísicos. En este contexto, y como lo han señalado Di Gregori y Pérez Ransanz (2010), el concepto de experiencia de Dewey ofrece un espacio conceptual interesante y prometedor para integrar los diversos ámbitos de la vida humana y en particular para comprender el papel de las emociones en la actividad cognitiva. En efecto, el punto de partida de Dewey es la consideración de toda actividad cognitiva, incluida la ciencia, como una forma de experiencia, entendida a su vez como una interacción o transacción entre el organismo y el medio en el que vive. Además, de acuerdo con Dewey, la experiencia, al constituirse en *una* experiencia, exhibe una cualidad, que cabe calificar como emocional y que cumple un rol fundamental en ella, tanto si se trata de una experiencia artística cuanto si se trata de una experiencia cognitiva, es decir, de una *investigación*. Así, desde el punto de vista de Dewey, y como sostienen las autoras antes mencionadas, cabe afirmar que, las emociones resultan relevantes desde un punto de vista epistemológico. En nuestra opinión, y como intentaremos mostrar en este trabajo, además de esta caracterización del valor epistemológico de las emociones en la que nos detendremos más adelante, hay otro sentido en el que, en el contexto del pensamiento de Dewey, cabe sostener que las emociones cumplen un rol en la investigación y, por tanto, en la racionalidad, a saber, bajo la forma de *valores*.

De acuerdo con ello, el objetivo de este trabajo es proseguir el análisis conceptual en torno al concepto deweyano de experiencia emprendido por Di Gregori y Pérez Ransanz a efectos de echar luz sobre los vínculos entre racionalidad y emociones. Para llevar a cabo tal tarea, el

* Universidad Nacional de La Plata, CONICET

† Universidad Nacional de La Plata, CONICET

trabajo estará dividido en tres secciones. En la primera, reseñaremos algunos aspectos del concepto deweyano de experiencia que sirve de soporte a la concepción de la relación entre racionalidad y emociones que buscamos explicitar. En segundo lugar, nos detendremos en el concepto mismo de emoción, ya que su análisis nos permitirá reconstruir las importantes funciones cognitivas que cumple en la concepción deweyana del conocimiento. Luego, y para finalizar, nos detendremos en la concepción deweyana de los valores para mostrar que, estando como están estrechamente vinculados a las emociones y a la actividad propiamente cognitiva que Dewey llama *investigación*, constituyen otra vía a través de la cual las emociones desempeñan un rol epistemológicamente relevante. En efecto, el recurso a los valores se presenta como un elemento ineludible, desde el punto de vista de Dewey, en cualquier actividad cognitiva. Por ello, en la medida en que no hay racionalidad sin valores, no hay tampoco racionalidad sin emociones.

El lugar de la experiencia

Como ha sido dicho en varias oportunidades, el concepto de experiencia ocupa un lugar destacado en el pensamiento de Dewey (Rorty, 1998; Sleeper, 2001; Jay 2009, Bernstein, 2010). Tal centralidad se explica fundamentalmente por dos razones. En primer lugar, el concepto de experiencia que Dewey reelabora condensa sus críticas a la tradición filosófica (Cfr. López 2009), y especialmente a la moderna, en cuyo errado concepto de experiencia, de acuerdo con el pragmatista, se hallaba el origen de las aporías en torno al idealismo, el escepticismo y el realismo en las que desembocó. En segundo lugar, el concepto de experiencia resulta central en el pensamiento de Dewey por cuanto le permite articular una nueva concepción del conocimiento, de los valores e incluso del arte que constituye una herramienta útil para superar las aporías mencionadas.

El puntapié inicial para reconstruir un concepto de experiencia radica en la adopción, por parte de Dewey, de un punto de vista naturalista, que toma como punto de partida el darwinismo, y la concepción del ser humano como un ser a la vez biológico y psicosocial. En vistas de ello, cabe señalar contra algunas interpretaciones usuales, que la concepción de la experiencia de Dewey, no es ni una *metafísica* como quiere Rorty (1982, 1998) ni una *lógica* como quiere Sleeper (2001). En cambio se trata de la reelaboración de lo que el propio Dewey llama “lugares comunes biológicos” (lw.10.20 p.15)¹. En otros términos, su concepto de experiencia asume la explicación biológica de la interacción entre organismo y medio supuesta en toda forma de vida. Esta posición toma forma en la concepción según la cual, el ser humano, con todas sus complejidades, con su cultura, no es más que un resultado de la evolución biológica. Se trata de un principio de continuidad entre “los órganos, necesidades e impulsos básicos de la criatura humana con sus capacidades animales” (lw.10.28 p.26). Dicho principio, tal como es presentado en *Lógica: Teoría de la investigación* (lw.12), postula que la continuidad entre las funciones básicas biológicas y las funciones culturales, por así decirlo, son continuas en el sentido de que si bien las funciones superiores no son una mera reproducción o reiteración de las inferiores tampoco existen saltos o hiatos completos. Esto implica que debe ser posible

explicar cómo ha surgido una nueva función, en virtud de funciones sobre cuya existencia se tenía evidencia independiente, a la vez que hay que ser sensibles a las modificaciones y novedades que surgen como consecuencia de esta nueva función. En efecto, de acuerdo con Dewey, en la medida en que hay crecimiento o evolución el desarrollo de una nueva función trae consigo cierta novedad. Como resultado de esta posición naturalista, si hemos de comprender al arte o la ciencia como productos humanos, a los que podríamos caracterizar por eso mismo como “culturales”, debemos comprenderlos precisamente, como formas de tal transacción, es decir, como formas de la experiencia.

En un contexto como este, el conocimiento y la actividad racional en general son comprendidos como formas de la experiencia que, según lo que hemos dicho, resultan continuos con otras formas de experiencia en las que el animal humano suele verse inmerso. Más específicamente, la actividad racional es una forma de experiencia que Dewey llama “experiencia secundaria o reflexiva” (lw.1.16). Tal experiencia es aquella en la que nos encontramos cuando nos alejamos transitoriamente de la “experiencia primaria”, es decir de la experiencia del uso y goce directo de las cosas, e intentamos solucionar un problema, una ruptura, que se ha planteado en el desarrollo de esa experiencia primaria. Es importante tener presente que desde el punto de vista de Dewey la experiencia reflexiva no se desvincula nunca del todo de la experiencia primaria, en la que encuentra no sólo su origen, es decir en la que se plantea el problema, sino que debe volver siempre a ella como soporte que completa el proceso de validación de la ideas surgidas en la experiencia reflexiva.

Hay otro aspecto de la concepción deweyana de la experiencia que conviene tener presente. Toda experiencia tiene un aspecto de inmediatez cualitativa (lw.5.243), el mundo en el que vivimos es radicalmente cualitativo, las cosas aparecen en nuestra experiencia bajo sus aspectos que nos producen placer o dolor, ira o alegría. Por ello, sostiene nuestro autor, tal mundo constituye el campo en el que se dan modos de pensamiento caracterizados por estar regulados por consideraciones cualitativas. Así, aunque la experiencia reflexiva deba tener en cuenta las más de las veces los aspectos cuantitativos de las cosas que experimentamos, también, en tanto forma de experiencia tiene un aspecto de inmediatez cualitativa. En otras palabras, las cosas no pierden el aspecto cualitativo con que se presentan en nuestra experiencia aunque las estemos midiendo o investigando. Así, la experiencia reflexiva no pierde su carácter de inmediatez cualitativa y se inicia en el contexto de un curso de experiencia que tiene también una dimensión cualitativa.

Hay un último elemento de la teoría de la experiencia de Dewey que conviene tener presente. Dewey llama la atención, en su *Art as Experience* (lw.10.42 y ss.) sobre la diferencia que existe entre el mero tener experiencia y el tener *una* experiencia. En el primer sentido, la experiencia se extiende hasta donde llega la vida y puede caracterizarse, como hemos dicho, simplemente como una forma de *transacción* que involucra, como un todo indisoluble, un organismo y su medio (lw.16.111). En el segundo sentido, la transacción resulta teñida por un elemento que no sólo permite identificarla como *una* experiencia -como por ejemplo la experiencia que recuerdo haber tenido en una entrevista de trabajo o como la experiencia

en la que me hallo cuando intento escribir un ensayo que exprese nuestros puntos de vista sino que también permite integrar ciertos elementos de la transacción como elementos de *esa* experiencia, y excluir a otros. Ese elemento que da unidad a la experiencia, y que es del orden de la inmediatez cualitativa es lo que Dewey llama *cualidad estética* y posee una naturaleza emocional (Iw.10.49). Hemos llegado, entonces, a identificar el elemento emocional de la experiencia, elemento en cuyo análisis nos detendremos en el apartado siguiente.

Emociones e investigación

Hasta aquí hemos establecido que, en opinión de Dewey, la actividad cognitiva, aquella que cabe calificar por antonomasia como racional, debe ser comprendida como una forma de experiencia. Hay que decir, además, que es cuando la actividad cognitiva es llevada a cabo deliberadamente, cuando pretende resolver un problema a partir del planteo y evaluación de ideas entendidas como posibles soluciones, que exhibe esa característica que ya hemos mencionado, y que, de acuerdo con Dewey, califica a la experiencia como *una* experiencia. El pragmatista ofrece su análisis más detallado de la experiencia cognitiva, a la que llama *investigación*, en su *Lógica* (Iw.12) de 1938. Allí, la investigación es definida como la transformación controlada de una situación *indeterminada* en otra que resulte lo suficientemente determinada como para permitir al organismo proseguir con su curso de acción. Tal carácter de *indeterminación*, sostiene Dewey, es de naturaleza cualitativa, y constituye el elemento unificador de esa forma de experiencia que es la investigación, que no sólo permite integrar a sus componentes, sino que cumple un rol fundamental en el *control* de la investigación. Así, a la luz de lo que hemos dicho en la sección anterior, podemos decir que la indeterminación, es esa *cualidad estética*, de naturaleza emocional, que dirige o controla y unifica a la investigación. Para comprender mejor en qué sentido esta indeterminación es de naturaleza emocional, conviene detenernos en la concepción deweyana de las emociones.

En su artículo “The Theory of emotion” (ew.4.152-189), Dewey señala que su definición de emoción no es más que una juntura articulada de la teoría de las emociones y descarga de W. James, junto a una revisión de algunos aportes de Darwin, aunque considera que el aspecto de resolución de problemas, que como veremos a continuación Dewey propone, es un aporte propio. De este modo, concibe a las emociones como una forma de conducta propositiva o que tiene un contenido intelectual, y el cual también se refleja en sentimientos o afectos en tanto valuación subjetiva de lo que se expresa objetivamente en dicha idea o propósito. Por otra parte, Dewey también sostiene que la emoción es, psicológicamente, el ajuste o tensión entre un hábito y un ideal, donde los cambios en el cuerpo son el funcionamiento literal, la lucha por tal ajuste (ew.4.185). En otras palabras, las emociones están dirigidas fundamentalmente a la resolución de dificultades. Son una descarga coordinada o ajustada a fines útiles de los elementos intervinientes, donde la emoción adquiere un significado. Pero, si la descarga directa es producto de un proceso idiopático, ésta se vuelve incoordinada, y aquella no adquiere significado alguno. De allí que la expresión de una emoción tenga una función para la supervivencia del individuo, o para su perturbación.

Al interior de una experiencia, la emoción posee diversos aspectos que podríamos traducir en funciones interrelacionadas. En primer lugar, como ya hemos mencionado, sirve de “aglutinante”. Según escribe nuestro autor en *El arte como experiencia*: “La emoción es la fuerza móvil y cimentadora; selecciona lo congruente y tiñe con su color lo seleccionado, dando unidad cualitativa a materiales exteriormente dispares y desemejantes” (2008, p. 49) permitiendo que sea comprendida por el experimentador, como una unidad, y constituyendo, por tanto, una experiencia. En segundo lugar, en la misma obra, Dewey indica que la emoción “es el signo consciente de un rompimiento de hecho o inminente” (lw.10.21) y que “la discordancia es la ocasión que induce a reflexión” (Dewey, 2008, p.16). En otras palabras, según entendemos, la emoción moviliza, impulsa la experiencia reflexiva. Al mismo tiempo, y en tercer lugar, la emoción atraviesa toda la experiencia, marcando una tendencia en todo el proceso al guiar la selección del material mencionado en el camino hacia el fin. Esto es, siguiendo a Di Gregori y Pérez Ransanz, que las emociones “brindan patrones de relevancia, guían el interés para mantener la congruencia del proceso con el propósito final” (2010, 300), y ello fundado en lo que denominan su función cognitiva específica. El seleccionar el material para la consecución de propósitos nos indica una cuarta función: ellas controlan la adecuación congruente entre medios y fines. Así es como las emociones tienen en este contexto relevancia epistemológica. Nótese que estas funciones epistémicas son precisamente las funciones que Dewey atribuye a la indeterminación en la investigación. Es el carácter de indeterminación/determinación, cuando es registrado por el sujeto que investiga el que marca el comienzo, la prosecución y el final de la investigación. Si esa cualidad no es apreciada la investigación no tiene comienzo, ni integración ni final.

Es importante tener presente que el señalamiento acerca del rol ocupado por las emociones en la actividad racional, no significa, como puede suceder en el contexto de posiciones que asumen una dicotomía entre racionalidad y emociones, la introducción de un matiz *subjetivista* en la concepción de la racionalidad que desemboque en alguna forma de relativismo o escepticismo. Ello es así, fundamentalmente porque las emociones no se ubican *en* el sujeto, como algo privado o exclusivamente mental: son resultados de las interacciones organismo/medio, son formas de conducta o respuesta que en tanto que tales resultan abiertas a la investigación. En este sentido, y en relación con la investigación, Dewey señala que la indeterminación no es una mera duda subjetiva: la situación es indeterminada, y la duda, cuando no es patológica ni fingida, es una respuesta del organismo a esa situación particular. Hay aquí un aspecto importante de la concepción de las emociones de Dewey que desempeña un papel fundamental en su teoría de la valoración, a saber, la tesis de que son posibles juicios, susceptibles de fundamentación o refutación, acerca de las emociones de los organismos.

Emociones, valoración e investigación

En la sección anterior hemos explicitado el importante rol que Dewey asigna a las emociones en la investigación, y por tanto en la actividad racional. Como hemos sugerido en la introducción de nuestro trabajo, esta vinculación entre racionalidad y emociones tiene, desde nuestro punto de vista, un canal adicional en el que nos detendremos en esta sección. En efecto, las emociones

no sólo tienen un rol de dirección e integración de la investigación, no sólo constituyen elementos ineludibles que señalan el comienzo y el final de la misma, sino que al ser una parte constitutiva de los valores, resultan inseparables de cualquier actividad cognitiva.

Para dar cuenta de la posición recién esbozada es necesario, en primer lugar explicitar la relación entre emociones y valores establecida por Dewey, para señalar a continuación la relación irrebasable establecida por nuestro autor entre valores e investigación. En lo que respecta a la primera cuestión es importante tener en cuenta que Dewey se posiciona explícitamente contra el emotivismo, tal como éste fuera defendido por destacados representantes del positivismo lógico, como Stevenson. En efecto, su *Theory of Valuation* constituye una discusión y un rechazo de la posición según la cual los juicios de valor, o valorativos como los llama nuestro autor, constituyen nada más que una *expresión* de emociones. En su argumentación, Dewey cuestiona las ideas de expresión y de emoción tal como eran utilizadas en el contexto del positivismo lógico, pero no rechaza la tesis según la cual existe una relación fundamental entre emociones y valores, la que resulta mediatizada por el deseo.

Para comprender la concepción deweyana de los valores, es importante tener presente que su caracterización de los mismos, al igual que su concepción del conocimiento, es una generalización de las propiedades que se constatan en las conclusiones que se obtienen por medio de un proceso de valoración o de investigación respectivamente.² Así, el proceso de valoración, esto es, el proceso que permite afirmar que algo es un valor, es decir que corresponde o debe ser valorado, es visto como un caso especial de investigación. Por ello sostiene nuestro autor, su teoría de los juicios de valor, no es más que un caso especial de su teoría del conocimiento (lw.15.70). Coherentemente con esta posición, Dewey sostiene que un valor “representa la conclusión de un proceso de evaluación analítica de las condiciones que operan en un caso concreto, condiciones que incluyen impulsos y deseos por un lado y condiciones externas por otro” (lw.13.231) y agrega un poco más adelante que un valor “es la cualidad o propiedad que se correlaciona con el último deseo formado en el proceso de valoración” (ídem).

Para evitar confusiones es preciso tener en cuenta que en su análisis de los valores, Dewey parte de un doble sentido del término *valorar*, el cual puede referir a un acto directo de estimación o apreciación, o a un acto de evaluación en el que tratamos de establecer si algo debe o merece ser apreciado. Como resultado de una valoración del primer tipo tan sólo se formula un juicio acerca de valoraciones, es decir, juicios que se limitan a establecer que alguien estima o aprecia algo, por ejemplo, que le gusta poder expresar sus opiniones sin ser reprendido por ello o que le desagrada que lo contradigan. El segundo tipo de juicio, que Dewey llama *juicios valorativos en sentido propio*, establece que un cierto acto de estima, por ejemplo el desagrado frente a las opiniones contrarias, resulta bueno, malo, correcto o incorrecto. Así, imaginemos que una persona se encuentra en una situación tal que siente desagrado frente a las opiniones ajenas. Supongamos que como consecuencia de ello entabla una disputa con otra persona. Su situación se ha vuelto problemática y puede resultar que intenta resolver la situación reflexionando sobre sus propios deseos y sobre las emociones en las que aquello se apoyan;

reflexiona acerca de las consecuencias que le han traído sus emociones y deseos. Supongamos que como consecuencia de ello, llega a la conclusión de que no es bueno sentir o manifestar desagrado frente a opiniones contrarias, o en otros términos, llega a la conclusión de que es bueno ser tolerantes. Es importante tener presente que Dewey señala que toda valoración se da en un continuo de valoraciones, en las que se apela siempre a valores heredados que las más de las veces son simplemente aceptados, pero que pueden en principio ser cuestionados. En palabras de Dewey “nadie, al menos ninguna persona madura, tiene valores inmediatos completamente no-afectados por consecuencias de juicios de valor previos.” (mw.13.6) En este punto investigación y valoración resultan otra vez coincidentes: así como no hay primeras verdades en las que comience el conocimiento, así tampoco hay valores que se puedan sostener sin apelar a otros valores. Vemos aquí el carácter anti-fundacionalista y a la vez anti-escéptico de la concepción deweyana del conocimiento y los valores.

Una situación como esta representa, en el contexto de la obra de Dewey, el proceso mediante el cual algo llega a instituirse como un *valor*. Así, el valor es un resultado de un proceso de valoración/investigación en el que se tiene en cuenta los deseos y las emociones a la vez que las relaciones de medios y consecuencia que se establecen entre los elementos relevantes de la situación. Así, un valor no es más que un deseo, originado en una emoción, pero no cualquier deseo, sino aquél que se ha formado como resultado de un proceso de deliberación. Nótese que el nuevo deseo, el valor, da lugar a nuevos actos de estima: tiene consecuencias respecto de los deseos y las emociones subsiguientes.

Hemos reconstruido así, la estrecha relación que establece Dewey entre valores y emociones. Pasaremos ahora, para finalizar, a estipular algunos aspectos relevantes en relación al objetivo de nuestro trabajo de la relación entre valoración e investigación. Como mencionamos antes, la valoración es para Dewey un caso especial de investigación. Sin embargo, la relación entre ellas resulta más compleja, por cuanto, en opinión de Dewey, los juicios *evaluativos* son una fase inherente a todo juzgar, es decir a toda investigación (lw.12.80). Esta posición encuentra sustento en la idea según la cual, el proceso de investigación es un proceso de juzgar *práctico*. En palabras de Dewey,

La conducción de una investigación científica, ya sea física o matemática, es un modo de práctica; el científico es un práctico por encima de todo y se halla constantemente embarcado en la emisión de juicios prácticos, es decir, en obtener decisiones acerca de lo que conviene hacer y de los medios a emplear para hacerlo” (Dewey 1950. Pág. 183).

Así, en ese proceso de juzgar práctico, el investigador debe formular juicios evaluativos, que establezcan ciertos cursos de acción como mejores o más recomendables que otros. Estos juicios evaluativos, son en cuanto a su lógica, es decir, al modo en que se fundamentan o se rechaza, iguales a los juicios valorativos. La única diferencia es que éstos últimos constituyen evaluaciones de deseos y emociones, mientras que en los primeros lo que se evalúan son cursos de acción, que no necesariamente involucran a las emociones.

Esta distinción parece corresponderse con la clásica distinción aristotélica entre cosas que son buenas en sí mismas, y cosas que son buenas para otra cosa. Sin embargo, en opinión de Dewey “Mientras que la distinción entre bienes instrumentales y finales es una distinción intelectual necesaria, debemos evitar convertirla tanto en una disyunción lógica como en una separación existencial” (mw.13.5). En otros términos, los bienes instrumentales y los finales resulta continuos. Es este aspecto de continuidad el que resulta determinante para nuestro argumento. Todo juicio, ya sea práctico o valorativo, se da en un continuo de juicios, que constituye una parte del *contexto* en el que se desarrolla el juzgar. Ese contexto está constituido, no sólo por el contexto de tradición, por los valores y los conocimientos que en un determinado momentos son aceptados, sino también por la *situación problemática* real en la que la investigación o la valoración ocurre. Este concepto de situación problemática, aunque no está exenta de dificultades (cfr. Burke, 2000), resulta fundamental por cuanto ella ocupa un lugar destacado en el control de la investigación puesto que, como hemos mencionado más arriba, se inicia con ella y se finaliza con su transformación. Pero además, los conocimientos a los que el que investiga puede apelar, los “hechos del caso” como los llama Dewey, lo mismo que los valores a los que recurrirá, depende también en parte de la situación concreta que se trata de resolver. El continuo de la investigación/valoración, ofrece así, recursos al investigador de los que tendrá que hacer uso, sin que pueda determinarse a priori, es decir, independientemente de la situación concreta, a qué valores y a qué creencias deberá apelar. Los estudios de la ciencia han mostrado, de hecho, que las más de las veces los científicos deben recurrir a los así llamados valores extra-epistémicos incluso en el contexto de justificación (cfr. Gómez, 2014).

Consideraciones finales: la racionalidad en un contexto naturalista

En este trabajo, hemos analizado la relación entre emociones y racionalidad en la obra de John Dewey. Hemos visto que las emociones juegan un rol fundamental en la dirección de una de las actividades que, por antonomasia, suele considerarse como sujetas a criterios de racionalidad, a saber, la investigación. Hemos visto, también, que las emociones desempeñan un rol fundamental en la valoración. Cabe destacar, como ha sido puesto de manifiesto que la valoración misma es para Dewey una actividad donde la inteligencia, y la razón desempeña un rol destacado, que permite establecer valores sobre la base de un proceso de deliberación. Hemos sugerido, además, que los valores mismos pueden desempeñar un rol destacado en investigaciones en las que, como ocurre con las científicas, no suele reconocerse la impronta de los valores. Resulta oportuno, para finalizar ofrecer algunas reflexiones acerca del modo en que la problemática de la racionalidad puede pensarse en un contexto como el pragmatista.

En efecto, pensar la cuestión de la racionalidad en el contexto de las ideas de Dewey nos obliga a tener presentes algunas cuestiones. En primer lugar, el uso de términos tales como razón, racionalidad o racional es escaso en la obra de Dewey. Nuestro autor no creía en la existencia de una facultad especial a la que se pudiera llamar razón como algo distinto del entendimiento o la imaginación. Antes bien, prefería hablar de conducta inteligente o reflexiva, e incluso simplemente de *investigación*. Este tipo de conducta, o mejor esta forma

de experiencia, es una en la que el aspecto intelectual, como muchas veces afirma Dewey, o racional, podríamos decir, resulta no único ni excluyente, sino predominante. Esto último resulta importante por lo siguiente. Si lo racional es una forma de la experiencia en la que el aspecto intelectual resulta predominante, se sigue que aquellos componentes que resultan inherentes a la experiencia sin más no pueden estar, simplemente, ausentes. El ser humano, cuando investiga, incluso cuando realiza cálculos, no deja de ser una criatura viva que, en todo caso, compatibiliza funciones: el aspecto de racionalidad predomina en el sentido, no de que el resto de las funciones desaparezcan sino de que se le subordinan. Así, lo racional y lo emocional no pueden pensarse como aspectos mutuamente excluyentes sino como funciones que pueden cooperar y cooperan en muchas situaciones.

Ahora bien, en opinión de Dewey, el aspecto de racionalidad tiene que ver fundamentalmente con la relación medios-consecuencias. En este sentido, toda racionalidad es para Dewey, instrumental, es decir refiere a las cosas tomadas como medios y/o como fines. Cabe señalar que no se trata, en absoluto, de una posición que considere que sólo cabe hablar de racionalidad como elección de un medio adecuado o eficaz para cumplir un fin cualquiera. En una concepción tal, los fines se consideran como dados de antemano, ya sea por el mero capricho individual, ya sea por Dios o la Razón. En la concepción de Dewey, en cambio, los fines mismos son también objeto de selección, deliberación, justificación e incluso de producción. Así, entonces, la investigación es el tipo de conducta en la que el aspecto de racionalidad resulta predominante. Y esto no implica que los aspectos emocionales deban excluirse.

Notas

1. Como es habitual citamos las obras de Dewey siguiendo la edición de las obras completas que se consigna en la bibliografía, y señalando ew, mw, o lw (*Early, Middle o Later Works*) seguido del volumen y la página.
2. Esta decisión metodológica es lo que Ernest Nagel (en Dewey, lw.12.xi) llamó el principio de análisis.

Bibliografía

- BERNSTEIN, R. (2010). *The Pragmatic Turn*. Cambridge: Polity.
- BURKE, T. (2000). What is a Situation? History and Philosophy of Logic, 21 (2). pp. 95-113
- DEWEY, J. *The Collected Works of John Dewey*. The Electronic Edition. 1882-1953. 2003
- DEWEY, J. (1895/2008). "The theory of Emotion". En *The Collected Works of John Dewey*, J. The Electronic Edition. 1882-1953.
- DEWEY, J. (1934/ 2008). *El arte como experiencia*. Barcelona: Ed. Paidós Ibérica.
- DEWEY, J. (1938/1950.) *Lógica. Teoría de la investigación*. México: Fondo de Cultura Económica.
- DI GREGORI, M. C., & DURAN, C. (2004). Pragmatismo y biotecnología. Exploraciones en torno al caso Kornberg. En Ibarra, Andoni & Olivé, León, (eds.) *La ciencia y cómo*

- verla*. España: Universidad del País Vasco.
- DI GREGORI, M. C., & DURAN, C. (2008). Acerca del arte, la ciencia y la acción inteligente. En *Actas de las VII Jornadas de Investigación en Filosofía para profesores, graduados y alumnos*.
- DI GREGORI, M. C., & DURAN, C. (2009). El valor epistémico y político de la opinión pública, *una variación deweyana*. En Borsani, Gende, Padilla, *La diversidad signo del presente: Ensayos sobre filosofía, crítica y cultura*. Buenos Aires: Ediciones del signo.
- DI GREGORI, M. C., & PÉREZ RANSANZ, A. R. (2009). “John Dewey: acerca de medios, fines y aventuras biotecnológicas”. En Di Gregori, M. C. y Hebrard, A. (comps) *Peirce, Schiller, Dewey y Rorty. Usos y revisiones del pragmatismo clásico*. Buenos Aires: Ediciones del signo.
- DI GREGORI, M. C., & PÉREZ RANSANZ, A. R. (2010). Las emociones en la ciencia y el arte. En Sixto Castro & Alfredo Marcos (comps.) *Arte y Ciencia: mundos convergentes*. Madrid: Plaza y Valdés.
- GÓMEZ, R. J. (2014). *La dimensión valorativa de las ciencias: hacia una filosofía política*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- JAY, M. (2009). *Cantos de experiencia. Variaciones modernas sobre un tema universal*. Buenos Aires: Paidós
- LÓPEZ, F. E. (2009). John Dewey y la reconstrucción de la filosofía para el siglo XX. En Di Gregori, M. C., & Hebrard, A. (comps) (2009). *Peirce, Schiller, Dewey y Rorty. Usos y revisiones del pragmatismo clásico*. Buenos Aires: Ediciones del signo.
- RORTY, R., (1982). Dewey’s Metaphysics. En Rorty, R. (1982). *Consequences of Pragmatism*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- RORTY, R. (1998). *El giro lingüístico*. Barcelona: Paidós.
- SLEEPER, R. W. (2001). *The Necessity of Pragmatism: John Dewey’s Conception of Philosophy*. New Haven: Yale University Press.

Reconstrucción de patrones explicativos vs. reconstrucción de teorías¹

Pablo Lorenzano^{*}, Santiago Ginnobili[†]

Introducción

El objetivo de nuestro trabajo consiste en discutir las relaciones existentes entre el modo en que Kitcher analiza los productos de diferentes disciplinas científicas a través de la reconstrucción de patrones explicativos (Kitcher 1981, 1989, 1993) y la forma en que los estructuralistas metateóricos lo hacen a partir de la reconstrucción de teorías científicas (Balzer, Moulines & Sneed 1987). Kitcher pretende que su noción de *patrón común* dé cuenta de una característica que él considera fundamental de cualquier enfoque acerca de lo que en ciencia se considera una explicación adecuada: la capacidad unificadora. Intentaremos mostrar que la apelación al estructuralismo metateórico puede cumplir el rol de reflejar la capacidad unificadora de las explicaciones tratadas por Kitcher de forma más adecuada que el propio enfoque de Kitcher por sí mismo. Finalmente, señalaremos algunas coincidencias entre los enfoques en cuestión, que los diferencia de otros enfoques.

En la sección 1 presentaremos el enfoque de Kitcher y brindaremos algunos ejemplos de análisis realizados por el mismo Kitcher. En la sección 2 presentaremos algunas críticas que se han realizado a Kitcher que resultan específicamente interesantes para el punto de nuestro trabajo. En la sección 3 presentaremos al estructuralismo metateórico. No brindaremos una exposición completa, sino que nos centraremos en aquellos puntos que resultan específicamente interesantes para tratar la temática de la unificación. En la sección 4 compararemos ambos enfoques, mostrando algunas características comunes, y las ventajas relativas del estructuralismo sobre la propuesta unificacionista de Kitcher. En la sección 5 presentaremos nuestras conclusiones.

1. El enfoque de Kitcher

Rechazando por diversos motivos el modo en que los filósofos clásicos intentaban axiomatizar las teorías científicas, Kitcher propone una nueva concepción (Kitcher 1981, 1989, 1993). Siguiendo la idea de Friedman (1974) de que nuestra comprensión del mundo se incrementa cuando podemos disminuir el número de supuestos requeridos en la explicación de los fenómenos naturales, y solucionando algunos de sus problemas, propone una elucidación del concepto de “explicación científica” apelando a la noción de *patrón de argumento*.

Un *patrón de argumento* es un tripo ordenado consistente en un *argumento esquemático*, un conjunto de conjuntos de *instrucciones de llenado* (uno para cada término del argumento esquemático) y una *clasificación* del argumento esquemático (patrón de argumento =

* Universidad Nacional de Quilmes, CONICET, e-mail: pablol@unq.edu.ar

† Universidad Nacional de Quilmes, Universidad de Buenos Aires, CONICET, e-mail: santi75@gmail.com

(argumento esquemático, instrucciones de llenado, clasificación)). Los *argumentos esquemáticos* son secuencias de enunciados esquemáticos. Un *enunciado esquemático* es un enunciado en el que algo del vocabulario no-lógico ha sido reemplazado por *dummy letters*. Las *instrucciones de llenado* son directivas que especifican cómo llenar las *dummy letters* en los enunciados esquemáticos. Las *clasificaciones* describen cuáles enunciados en los argumentos esquemáticos son premisas y cuáles conclusiones y qué reglas de inferencia son usadas.

La idea de Kitcher es que los razonamientos que permiten generar explicaciones científicas legítimas son aquellos que permiten una mejor sistematización del conjunto de creencias aceptadas en determinado momento (K). Kitcher llama “sistematización de K ” a un conjunto de razonamientos que infiere algunos miembros de K de otros miembros de K . El “almacén explicativo” (*‘explanatory store’*) de K , $E(K)$, es el conjunto de derivaciones que mejor sistematiza K , y, siendo la unificación el criterio para la sistematización, es el conjunto de derivaciones que mejor unifica K . La unificación se alcanza usando razonamientos que instancian un mismo patrón de razonamiento en la inferencia de muchos enunciados aceptados. El poder unificador se incrementa generando un gran número de enunciados aceptados como las conclusiones de razonamientos aceptables que instancian unos pocos patrones estrictos.

Es necesario sopesar, para determinar este poder unificador, la cantidad de enunciados de K que funcionan como conclusiones de razonamientos explicativos (cuantos más, mejor), la cantidad de razonamientos utilizados para generar estos razonamientos explicativos (cuantos menos, mejor) y lo estricto de tales patrones de razonamiento (cuando las condiciones de satisfacción del razonamiento son más difíciles de satisfacer, el patrón de razonamiento es más estricto). Así, las explicaciones legítimas serían aquellas que instancian patrones de razonamientos que pertenecen al almacén explicativo del conjunto de creencias aceptadas.

Veamos algunos ejemplos de patrones de razonamiento.

Los dos ejemplares a los que Kitcher (1981) apela para mostrar la capacidad de su enfoque de reflejar la fuerza unificadora son la dinámica newtoniana y la selección natural. Pues ambas teorías fueron aceptadas principalmente, tradicional y usualmente se sostiene, por tal capacidad unificadora. Comencemos viendo la presentación que hace de la dinámica de Newton.

a) Dinámica newtoniana

Hay que aclarar que esta presentación, como el mismo Kitcher aclara, no pretende ser completa, sino que tiene como fin volver la noción de “patrón explicativo” más intuitiva. Por esto se restringe únicamente al patrón básico utilizado para tratar sistemas que contienen un solo cuerpo (como un péndulo o un proyectil). El argumento esquemático en este caso sería el siguiente:

- (1) La fuerza sobre α es β .
- (2) La aceleración de α es Y .
- (3) Fuerza = masa \cdot aceleración.
- (4) (Masa de α) \cdot (Y) = β .

(5) $\delta = \theta$ (Kitcher 1981, p. 517)

Las instrucciones de llenado indicarían que todas las ocurrencias de “ α ” deben reemplazarse por una expresión que refiera al cuerpo bajo investigación, que las ocurrencias de “ β ” deben ser reemplazadas por una expresión algebraica que represente la fuerza, que “ Υ ” debe ser reemplazada por una expresión que de la aceleración del cuerpo, que “ δ ” debe reemplazarse por una expresión que refiera a las coordenadas variables del cuerpo y que “ θ ” debe reemplazarse por una función explícita de tiempo. La clasificación diría que (1)-(3) serían premisas, que (4) se obtendría de ellas por sustitución de idénticos, y que (5) se sigue de (4) apelando a la manipulación algebraica y a las técnicas del cálculo (Kitcher 1981, p. 517).

b) Selección natural simple

Veamos ahora el patrón de razonamiento propuesto por Kitcher para la selección natural simple. La pregunta que se pretende responder con este patrón es: ¿Por qué (prácticamente) todos los miembros de G tienen P ? (Kitcher 1989, p. 444). Y el patrón es el siguiente:

- (1) Los organismos en G son descendientes de los miembros de una población ancestral G^* que habitaba en un ambiente E .
- (2) Entre los miembros de G^* hubo variación con respecto a T : algunos miembros de G^* tenían P , otros tenían $P\#, P\#\#, \dots$
- (3) Poseer P posibilita que un organismo en E obtenga un complejo de beneficios y desventajas C , provocando una contribución esperada a su éxito reproductivo $w(C)$; poseer $P\#$ posibilita que un organismo en E obtenga un complejo de beneficios y desventajas $C\#$, provocando una contribución esperada a su éxito reproductivo $w(C\#)$;... [continúa para $P\#\#$ y todas las otras formas variantes de T presentes en G^*]. $w(C) > w(C\#)$, $w(C) > w(C\#\#)$, etc.
- (4) Para cualquier propiedad P_1, P_2 , si $w(P_1) > w(P_2)$ entonces el promedio de descendencia de un organismo con P_1 que sobrevive hasta la madurez es mayor que el promedio de descendencia de organismos con P_2 que sobreviven a hasta la madurez.
- (5) Todas las propiedades $P, P\#, P\#\#, \dots$ son heredables.
- (6) No surgieron nuevas variantes de T en el linaje que lleva de G^* a G (es decir, la única variación con respecto a T comprende las propiedades $P, P\#, P\#\#, \dots$ ya presentes en G^*). Todos los organismos del linaje viven en E .
- (7) En cada generación del linaje que lleva de G^* a G la frecuencia relativa de organismos con P se incrementa.
- (8) El número de generaciones en el linaje que va de G^* a G es suficientemente grande como para que los incrementos en la frecuencia relativa de P se acumulen hasta la frecuencia relativa total 1.
- (9) Todos los miembros de G tienen P .

Instrucciones de llenado: T debe ser reemplazada por el nombre de un rasgo

determinado (un “carácter-tipo”), P , $P\#$, $P\#\#$,... deben ser reemplazadas por nombres de formas determinadas de ese rasgo, G^* por el nombre de una especie ancestral, E por la caracterización del ambiente en donde los miembros de G^* vivían, C , $C\#$, etc., deben ser reemplazadas por especificaciones de conjuntos de rasgos, y $w(C\#)$, $w(C\#\#)$ deben ser reemplazadas por números no negativos.

Clasificación: (1)-(6), (8) son premisas; (7) se deriva de (1)-(6); (9) es derivada de (7) y (8). (Kitcher 1989, p. 444)²

Este esquema argumentativo subyace, según Kitcher, a las explicaciones seleccionistas más sencillas dadas por Darwin (como la rapidez de los lobos o la excreción de líquidos dulces por parte de algunas plantas) (Kitcher 1993, pp. 28-29).

c) Genética clásica de Morgan (1910-1932)

En Kitcher (1989), se presenta el análisis de tres teorías supuestamente sucesivas pertenecientes a la genética clásica, que denomina “[1] **Mendel (1900)**”, “[2] **Mendel refinado (1902?-1910?)**” y “[3] **Morgan (1910-1920)**”, respectivamente, en términos de la noción de patrón de resolución de problemas o de argumento. Según él, si bien todas las teorías de la genética clásica, pretenden resolver la misma familia de problemas, lo hacen a través de distintos patrones de resolución de problemas o patrones de argumento (Kitcher 1989, pp. 438-439).

Aquí no entraremos en detalles acerca de la corrección histórica de las atribuciones que hace Kitcher, ya que no es relevante para nuestra argumentación general.³ En todo caso, vamos a referirnos sólo a **Morgan (1910-1920)**, pues fueron Morgan y su escuela quienes, en la época indicada, desarrollaron en realidad gran parte de lo afirmado en [1] **Mendel (1900)** y en [2] **Mendel refinado (1902?-1910?)**.

De acuerdo con Kitcher, el esquema explicativo, o patrón de argumento, correspondiente a la genética clásica desarrollada por **Morgan (1910-1920)**, es el siguiente:

- (1) Existen n loci pertinentes L_1, \dots, L_n . En el locus L_i hay m_i alelos a_{i1}, \dots, a_{im_i} .
- (2) Los individuos que son $a_{11}a_{11}a_{21}a_{21} \dots a_{n1}a_{n1}$ tienen el rasgo P_1 ; los individuos que son $a_{11}a_{12}a_{21}a_{21} \dots a_{n1}a_{n1}$ tienen el rasgo P_2 ;... [Se sigue a lo largo de todas las combinaciones posibles.]
- (3) Los genotipos de los individuos en el pedigree son como sigue: i_1 es G_1 , i_2 es G_2 ,..., i_N es G_N . [Agregado a (3) es una demostración de que (2) y (3) son consistentes con las adscripciones fenotípicas dadas en el pedigree.]
- (4) Para cualquier individuo x y cualesquiera alelos y, z , si x tiene yz , entonces la probabilidad de que un individuo particular x de la descendencia tenga y es $1/2$.
- (5) La transmisión de genes en loci diferentes es probabilísticamente independiente. Las relaciones de enlace entre loci son dadas por las ecuaciones $Prob(L_i, L_j) = p_{ij}$. $Prob(L_i, L_j)$ es la probabilidad de que los alelos en L_i, L_j sobre el mismo cromosoma sean transmitidos juntos (si L_i, L_j son loci sobre el mismo par de cromosomas) y es la probabilidad de que alelos arbitrariamente seleccionados en L_i, L_j sean transmitidos

juntos (o no). Si L_p, L_j son loci sobre el mismo par de cromosomas, entonces $0.5 \leq p_{ij} \leq 1$. Si L_p, L_j están sobre diferentes pares de cromosomas, entonces p_{ij} es 0.5.

- (6) La distribución esperada de los genotipos de la descendencia en un cruce entre i_j e i_k es D ; la distribución esperada de los genotipos de la descendencia en un cruce es... [se continúa para todos los pares para los que ocurren cruces].
- (7) La distribución esperada de los fenotipos de la descendencia en un cruce entre i_j e i_k es E ; la distribución esperada de los fenotipos de la descendencia en un cruce es... [se continúa para todos los pares en los que ocurren cruces]. (Adaptado de Kitcher 1989, pp. 440-441.)

Las instrucciones de llenado y la clasificación son las siguientes:

Instrucciones de llenado: a_{n1}, \dots, a_{imi} tienen que ser reemplazadas con los nombres de los alelos, P_1, \dots, P_n tienen que ser reemplazadas con los nombres de los rasgos fenotípicos, i_1, i_2, \dots, i_N tienen que ser reemplazadas con los nombres de los individuos en el pedigree, G_1, G_2, \dots, G_N tienen que ser reemplazadas con los nombres de las combinaciones alélicas (p.e. $a_{11}a_{11}a_{21}a_{21} \dots a_{n1}a_{n1}$ o $a_{11}a_{12}a_{21}a_{21} \dots a_{n1}a_{n1}$), D es reemplazada por una caracterización explícita de una función que asigna frecuencias relativas a los genotipos (combinaciones alélicas), y E tiene que ser reemplazada por una caracterización explícita de una función que asigna frecuencias relativas a los fenotipos.

Clasificación: (1), ..., (5) son premisas; (6) es derivado de (3), (4), y (5) usando los principios de la probabilidad; (7) es derivado de (2) y (6). (Adaptado de Kitcher 1989, p. 441.)

Otros ejemplos brindados por Kitcher son los ya mencionados **Mendel** (1900) y **Mendel refinado** (1902?-1910?), lo que denomina **Watson-Crick** (Kitcher 1989, pp. 441-442), la selección neodarwiniana (Kitcher 1993, pp. 46-47), las trayectorias genéticas de Fisher, Haldane y Wright (Kitcher 1993, pp. 44-45) y la teoría del enlace químico o **Dalton** (Kitcher 1989, pp. 446-447).

2. Críticas al enfoque de Kitcher

Por supuesto, es posible discutir las reconstrucciones particulares que Kitcher ofrece de aquellas prácticas explicativas que pretende reconstruir bajo su enfoque. Lorenzano ha discutido su reconstrucción de las diferentes genéticas (Balzer & Lorenzano 2000, Lorenzano 2014), Ginnobili ha discutido su reconstrucción de la teoría de la selección natural (Ginnobili 2010, 2014). Aquí no estamos interesados en presentar discusiones puntuales acerca de reconstrucciones particulares, sino acerca de cuestiones generales acerca de su marco.

En especial, aquellas que tienen que ver con la capacidad del marco para dar cuenta de la capacidad unificadora de las teorías científicas.

Psillos (2007) realiza dos críticas diferentes. Por un lado, que su “modelo” (unificacionista) de explicación debiera incluir la referencia a leyes:

[...] parece que los enunciados que expresan genuinas leyes de la naturaleza son los únicos aptos para hacer el trabajo que Kitcher demanda de la explicación. Al ser

genuinamente legaliformes, estos enunciados pueden asegurar el poder que tienen algunos esquemas de ser empleados repetidamente en explicaciones de eventos singulares. (Psillos 2007, p. 140)

Mientras que, por el otro, los patrones de argumento resultan incompletos, ya sea en los argumentos esquemáticos o en las instrucciones de llenado:

La ley de Newton $F=ma$ puede ser vista como especificando un patrón de argumento como los de Kitcher. El problema completo, sin embargo, es que ninguno de los elementos del tripo que especifican un patrón de argumento, a saber, argumento esquemático, instrucciones de llenado y clasificación, pueden aprehender toda la importancia del concepto de función fuerza. Cada aplicación específica de la ley de Newton requiere [...], la especificación previa de una función fuerza adecuada. [...] (Psillos 2007, pp. 140-141).

Finalmente, el mismo Kitcher señala un punto que nos interesa tener en cuenta para las secciones subsiguientes:

Si consideramos el espectro completo de los razonamientos que la dinámica newtoniana ofrece a fines explicativos, encontramos que estos razonamientos instancian un número de patrones diferentes. Sin embargo, estos patrones no son completamente diferentes, ya que *todos ellos proceden usando el cálculo de ecuaciones explícitas de movimiento como un preludio a posteriores inferencias* [...].

Esto sugiere que nuestras condiciones sobre el poder unificador deberían ser modificadas de modo que, en lugar de contar meramente el número de diferentes patrones correspondientes a una base, prestemos atención a similitudes entre ellos (Kitcher 1981, p. 521)

Puesto que la mecánica clásica consiste en un conjunto heterogéneo de patrones explicativos, para lograr realmente dar cuenta de su poder unificador no bastaría apelar a tal concepto, sino que deberíamos tener alguna herramienta para tratar con semejanzas entre patrones explicativos. La propuesta de Kitcher es programática y no señala de un modo claro en qué consiste lo común a todos estos patrones explicativos heterogéneos, ni proporciona herramientas para reconstruir este patrón común ni para analizar las relaciones entre patrones.

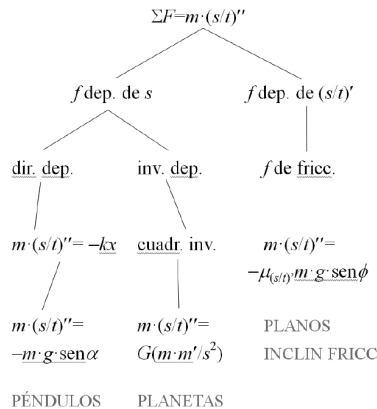
3. Estructuralismo metateórico

Los tres problemas señalados en el apartado anterior –a saber: 1) la no inclusión de leyes, 2) la incompletud de los patrones de argumento y 3) la inexistencia de un patrón común– pueden ser subsanados apelando a las nociones del estructuralismo metateórico. Considérese la falencia que el propio Kitcher ve en su enfoque (el punto 3 anteriormente señalado). ¿Qué tienen en común los diferentes patrones explicativos subyacentes a las prácticas explicativas de los científicos newtonianos? La respuesta intuitiva parece ser: todos ellos utilizan la mecánica

clásica (como el mismo Kitcher afirma (y recién citamos) (Kitcher 1981, p. 521). La respuesta intuitiva parece sencilla, y sin embargo, la naturaleza metateórica de la mecánica clásica no ha constituido un tema sencillo de desentrañar. La historia de la filosofía de la ciencia, al menos post-newtoniana, puede contarse a través de los diferentes intentos de realizar tal tarea. Y la renuncia de Kitcher a enfrentar la cuestión apelando a la noción de teoría, y partir de la noción de explicación, tiene que ver, al menos en parte, con la persistencia de los intentos fallidos de pensar a la mecánica clásica desde las concepciones clásicas de teoría. Sin embargo, y este es nuestro punto, es posible dar cuenta de las teorías fácticas de manera adecuada, presuponiendo nociones de teoría diferentes a la clásica. Es posible tratar las tres dificultades presentadas en la sección anterior utilizando la noción de *red teórica* que el estructuralismo metateórico desarrolló a partir de algunas ideas de Kuhn.

Según Kuhn, en teorías altamente unificadas hay algunas generalizaciones que no son “leyes específicas”, sino “esquemas” que pueden adoptar formas específicas para tratar problemas específicos (Kuhn 1970, p. 465).

Esta idea kuhniana ha sido elaborada en detalle por el estructuralismo metateórico con las nociones de especialización y de red teórica, y ha sido aplicada a diversas teorías suficientemente robustas y unificadas. La mayoría de las teorías son sistemas fuertemente jerárquicos – formando un tipo de red–, con leyes de muy diferentes grados de generalidad dentro del mismo marco conceptual (Balzer, Moulines & Sneed 1987, Cap. IV). Usualmente hay una sola ley fundamental o principio-guía –que conecta todos los términos fundamentales de la teoría en una única “gran” fórmula, que es (implícita o explícitamente) presupuesta como válida, y con fuerza modal, en todas las aplicaciones de la teoría por la respectiva comunidad científica y cuyo rol primario es proveer un marco para la formulación de otras leyes– “en la cima” de la jerarquía y una gran serie de leyes más especiales –que se aplican a dominios más restringidos–.



La relación de arriba hacia abajo no es de implicación o derivación, sino de *especialización* en el sentido estructuralista: las leyes de abajo son versiones específicas de las de arriba, e.e. especifican algunas dependencias funcionales que son dejadas parcialmente abiertas en las leyes de encima de la rama. Las leyes fundamentales/principios-guía son “programáticos” o heurísticos en el siguiente sentido: nos dicen el tipo de cosas que debíamos buscar si queremos explicar un fenómeno específico. Pero tomadas de manera aislada, sin sus especializaciones, dicen muy poco empíricamente. Pueden ser consideradas, por sí solas, como “empíricamente irrestrictas” (Moulines 1978).

Presentaremos, en la siguiente sección, el modo en que estas nociones kuhniano-estructuralistas evaden los problemas señalados.

4. Redes teóricas vs. patrones explicativos

Antes de tratar de mostrar cómo el estructuralismo puede colaborar con el enfoque de Kitcher para brindar una elucidación completa del poder unificador de teorías del estilo de las brindadas como ejemplos en la sección 2, es importante resaltar que si bien el rechazo por la concepción de teoría de Kitcher es un rechazo por la concepción clásica de teoría, no existe ninguna incompatibilidad intrínseca entre el estructuralismo y el enfoque de los patrones de razonamiento. De hecho, es posible encontrar una semejanza relevante en las estrategias reconstructivas de ambos enfoques. En la concepción clásica, estándar o heredada de las teorías, para reconstruir una teoría había que identificar las leyes fundamentales a partir de las cuales –suponiendo las hipótesis subsidiarias adecuadas– se dedujeran todas las consecuencias observacionales verdaderas, es decir, todas las aplicaciones de la teoría. Como la deducción no es ampliativa, todo el contenido empírico (que no proviniera de las hipótesis subsidiarias) debía encontrarse en los principios de la teoría. Pero la reconstrucción de una teoría científica, de acuerdo con el planteo clásico estricto, es una tarea extremadamente dificultosa. Esto condujo a que bajo tal enfoque no se hayan realizado reconstrucciones de teorías sustantivas o bien a que las reconstrucciones de tales teorías hayan sido muy extensas y complejas –lo que, a su vez, no ayudaba a la realización del ideal de que tales reconstrucciones sirvieran a la enseñanza y comunicación de la ciencia, objetivos fundamentales de los empiristas lógicos, marco bajo el cual surgió esta concepción de teoría (Hahn, Neurath & Carnap 1929)– e incluso que no sigan al pie de la letra los lineamientos del enfoque clásico.

Tanto en el enfoque de Kitcher como en el estructuralismo metateórico –así como en el enfoque kuhniano–, el patrón explicativo o la ley fundamental es una estructura común a las diversas aplicaciones de la teoría. Los patrones explicativos –a pesar de la defensa que hace Kitcher del “chauvinismo deductivo” (e.e. de la posición así etiquetada por Coffa y cuya denominación fue adoptada por Salmon, de acuerdo con la cual toda explicación es deductiva), debido a que “el almacén explicativo contiene sólo patrones deductivos” (Kitcher 1989, p. 448)–, permiten obtener aplicaciones, pero no deducirlas. En ambos casos, la pregunta que debe hacer el metateórico no es ¿de qué principios se deducen todas las aplicaciones de la teoría?, sino ¿qué es lo que todas las aplicaciones de la teoría tienen en común? Responder esta

pregunta, aunque no siempre es sencillo, es una tarea realizable (y que ha sido realizada) y las reconstrucciones obtenidas son mucho más sencillas y, en consecuencia, pueden servir para clarificar la teoría. Los resultados obtenidos serían así también útiles para la comunicación pública y enseñanza/aprendizaje de la ciencia.

La posibilidad de que el enfoque de Kitcher pudiera ser traducido a los marcos conceptuales del semanticismo, mostrando que las herramientas semanticistas son igual de adecuadas que el enfoque de Kitcher, ya había sido considerada por él mismo (Kitcher 1993, pp. 18-19, n. 22).

Sin embargo, el punto que se puede hacer es todavía más fuerte. La mecánica clásica ha sido reconstruida por Suppes (McKinsey, Sugar & Suppes 1953) y desde el inicio del estructuralismo por Sneed (1971), habiendo sido reelaborada dentro de dicho formato en diversas ocasiones (Balzer & Moulines 1981, Balzer, Moulines & Sneed 1987) y convirtiéndose en “ejemplo paradigmático” de tal concepción metateórica. Ginnobili ha reconstruido la teoría de la selección natural (Ginnobili 2010, 2012). Lorenzano ha proporcionado reconstrucciones de las teorías de la genética (Balzer & Lorenzano 2000, Lorenzano 1995, 2000, 2002). (Por considerar sólo a las reconstrucciones realizadas por Kitcher aquí presentadas.) En todos los casos puede mostrarse que la noción de red teórica permite dar cuenta de manera más adecuada de la capacidad unificadora de esas teorías. Pues, efectivamente, en todos los casos los patrones ofrecidos por Kitcher son demasiado limitados –como él mismo señala respecto de la mecánica clásica–. La noción de origen kuhniano de ley especial del estructuralismo resulta más potente que la de patrón de razonamiento, porque, efectivamente, no requiere la conservación de exactamente la misma estructura matemática. Las diferentes leyes especiales, si bien conservan el marco conceptual y relaciones semejantes entre los conceptos, pueden asumir formas matemáticas peculiares.

Pero la falencia del enfoque de Kitcher para dar cuenta del poder unificador de las teorías de manera adecuada se relaciona específicamente con la segunda de las críticas de Psillos. Las instrucciones de reemplazo en el enfoque de Kitcher no son lo suficientemente elaboradas para mostrar que los conceptos más abstractos –representados por las *dummy letters* en el argumento esquemático del patrón de razonamiento de Kitcher– no se instancian directamente en aplicaciones particulares. La aplicación de tales conceptos requiere la especificación previa en leyes especiales, en donde se determine en particular el tratamiento que recibirá el caso en cuestión. La noción de red teórica del estructuralismo metateórico permite dar cuenta de este punto. Así, la red teórica de la mecánica clásica restringe las diferentes especificaciones que puede recibir el concepto de fuerza (Balzer, Moulines & Sneed 1987, Cap. IV, § 4), la red teórica de la teoría de la selección natural restringe los diferentes tipos de especificaciones que puede recibir la noción de aptitud (Ginnobili 2009, 2010, 2012), la red teórica de la genética restringe los diferentes tipos de especificaciones que puede recibir la noción de genotipo (Balzer & Lorenzano 2000, Lorenzano 1995, 2000, 2002). Puede verse, en consecuencia, cómo la noción de red teórica del estructuralismo se muestra como una herramienta más potente respecto de ambas cuestiones.

5. Conclusiones

El enfoque de Kitcher tiene algunas dificultades al intentar lograr el objetivo que se propone: dar cuenta de la capacidad unificadora de las teorías científicas. Esto ocurre en particular por dos razones. Por una parte, los patrones ofrecidos por Kitcher son demasiado rígidos y, en consecuencia, limitados, en el sentido de que no logran explicitar la estructura común de todas las aplicaciones de las teorías en cuestión, sino sólo algunas de ellas. Por otra parte, las instrucciones de llenado son demasiado sencillas: únicamente permiten reemplazar las variables instanciándolas en un caso particular. No logra, en consecuencia, reflejarse adecuadamente el modo en que las teorías científicas regulan el tipo de reemplazos admisibles.

Las nociones de red teórica y especialización del estructuralismo teórico (que elucidan y elaboran algunas sugerencias kuhnianas) permiten dar cuenta de ambas cuestiones. En este sentido permite dar cuenta de la capacidad unificadora de las teorías científicas de manera más adecuada. Esto se hace, además, de un modo semejante al pretendido por Kitcher, en donde no se intenta presentar un cálculo axiomatizado del cual se deduzcan todas las aplicaciones de la teoría, sino explicitando la estructura común a las diferentes aplicaciones. Por supuesto, hemos dejado de lado una cuestión que pudiera considerarse importante. Kitcher pretende reconstruir *explicaciones*, mientras que el estructuralismo pretende reconstruir *teorías*. La idea de este trabajo es mostrar que para dar cuenta de manera adecuada del poder unificador de las *explicaciones* en ciertas subdisciplinas particulares es necesario apelar a la capacidad unificadora de la *teoría* a la que se apela en tales explicaciones. Sin embargo, es posible también señalar que el estructuralismo metateórico podría utilizarse no sólo para mejorar o sofisticar el enfoque de Kitcher, sino que, además, puede ser utilizado para plantear una elucidación más adecuada de la noción misma de explicación científica. Elaborar esto, que ha sido defendido por algunos autores dentro del marco estructuralista (Bartelborth 1996a, b, 2002, Díez 2002, 2014, Forge 1999, 2002, Moulines 2005), excede, sin embargo, los límites de este trabajo.

Notas

1. Este trabajo fue realizado con los siguientes financiamientos: PICT-2012 No. 2662 (ANPCyT, Argentina), PIP No. 112-201101- 01135 (CONICET, Argentina), FFI2012-37354/CONSOLIDER INGENIO CSD2009-0056 (España) y FFI2013-41415-P (España).
2. Para una versión más sencilla, y sin las instrucciones de llenado ni la clasificación, ver Kitcher (1993, p. 28).
3. Sin embargo, consideramos varias de ellas como inadecuadas (para un análisis historiográfico y filosófico de la historia de la genética clásica, ver Lorenzano 1995, 2011b, 2013a, b, c).

Bibliografía

- BALZER, W. & P. LORENZANO (2000). The Logical Structure of Classical Genetics. *Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie*, 31, 243-266.

- BALZER, W. & C.U. MOULINES (1981), Die Grundstruktur der klassischen Partikelmechanik. *Zeitschrift für Naturforschung*, 36a, 600-608.
- BALZER, W., MOULINES, C.U. & J.D. SNEED (1987). *An Architectonic for Science: The Structuralist Program*. Dordrecht: Reidel.
- BARTELBORTH, T. (1996a). *Begründungsstrategien. Ein Weg durch die analytische Erkenntnistheorie*. Berlin: Akademie Verlag.
- BARTELBORTH, T. (1996b). Scientific Explanation. En W. Balzer & C.U. Moulines (Eds.), *Structuralist Theory of Science*. Berlin: Walter de Gruyter.
- BARTELBORTH, T. (2002). Explanatory Unification. *Synthese*, 130(1), 91-107.
- DÍEZ, J.A. (2002). Explicación, unificación y subsunción teórica. En W. González (Ed.), *Pluralidad de la explicación científica* (pp. 73-93). Barcelona: Ariel.
- DÍEZ, J.A. (2014). Scientific w-Explanation as Ampliative, Specialized Embedding: A Neo-Hempel Account. *Erkenntnis*, 79(8), 1413-1443.
- FORGE, J. (1999). *Explanation, Quantity and Law*. Aldershot: Ashgate.
- FORGE, J. (2002). Reflections on Structuralism and Scientific Explanation. *Synthese*, 130(1), 109-121.
- FRIEDMAN, M. (1974). Explanation and Scientific Understanding. *The Journal of Philosophy*, 71, 1-19.
- GINNOBILI, S. (2009). El poder unificador de la teoría de la selección natural. En M.C. Barboza, J.D. Avila, C. Piccoli & J. Cornaglia Fernández (Eds.), *150 años después... La vigencia de la teoría evolucionista de Charles Darwin* (pp. 141-154). Rosario: Universidad Nacional de Rosario.
- GINNOBILI, S. (2010). La teoría de la selección natural darwiniana. *Theoria*, 25(1), 37-58.
- GINNOBILI, S. (2012). Reconstrucción estructuralista de la teoría de la selección natural. *Ágora. Papeles de filosofía*, 31(2), 143-169.
- GINNOBILI, S. (2014). Explicaciones seleccionistas históricas y ahistóricas. *Ludus Vitalis*, 33(41), 21-41.
- HAHN, H., NEURATH, O. & R. CARNAP (1929). *Wissenschaftliche Weltauffassung – der Wiener Kreis*. Wien: Artur Wolf Verlag.
- KITCHER, P. (1981). Explanatory Unification. *Philosophy of Science*, 48(4), 507-531.
- KITCHER, P. (1989). Explanatory Unification and the Causal Structure of the World. En P. Kitcher & W. Salmon (Eds.), *Scientific Explanation* (pp. 410-505). Minneapolis: University of Minnesota.
- KITCHER, P. (1993). *The Advancement of Science: Science without Legend, Objectivity without Illusions*. New York/Oxford: Oxford University Press.
- KUHN, T.S. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions* (2nd ed.). Chicago, London: University of Chicago Press.
- LORENZANO, P. (1995). *Geschichte und Struktur der klassischen Genetik*. Frankfurt am Main: Peter Lang.
- LORENZANO, P. (2000). Classical Genetics and the Theory-Net of Genetics. En W. Balzer, C.U. Moulines & J.D. Sneed (Eds.), *Structuralist Knowledge Representation: Paradigmatic Examples* (pp. 251-284). Amsterdam: Rodopi.
- LORENZANO, P. (2002). La teoría del gen y la red teórica de la genética. En J.A. Díez & P.

- Lorenzano (Eds.), *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones* (pp. 285-330). Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes/Universidad Autónoma de Zacatecas/Universidad Rovira i Virgili.
- LORENZANO, P. (2011). What Would Have Happened if Darwin Had Known Mendel (or Mendel's Work)? *History and Philosophy of the Life Sciences*, 33, 3-48.
- LORENZANO, P. (2013a). Aspectos erotéticos del "hibridismo" de Mendel. *Contrastes. Revista Internacional de Filosofía: Suplemento*, 18, 451-468.
- LORENZANO, P. (2013b). The Emergence of a Research Programme in Genetics. En P. Lorenzano, L.A.-C.P. Martins & A.C. Regner (Eds.), *History and Philosophy of the Life Sciences in the South Cone* (pp. 145-171). London: College Publications.
- LORENZANO, P. (2013c). Los aspectos erotéticos de la ciencia: el caso de la genética. *Revista de Filosofía. Aurora*, 25(36), 13-41.
- LORENZANO, P. (2014). La genética clásica y su análisis filosófico: Kitcher y la concepción estructuralista de las teorías. Ponencia en el *III Congreso Latinoamericano de Filosofía Analítica y III Congreso de la Sociedad Brasileira de Filosofía Analítica*.
- MCKINSEY, J., SUGAR, A. & P. SUPPES (1953). Axiomatic Foundations of Classical Particle Mechanics. *Journal of Rational Mechanics and Analysis*, 2, 253-272.
- MOULINES, C.U. (1978). Cuantificadores existenciales y principios-guía en las teorías físicas. *Crítica*, 10, 59-88.
- MOULINES, C.U. (2005). Explicación teórica y compromisos ontológicos: un modelo estructuralista. *Enrahonar: quaderns de filosofia*, 37, 37-53.
- PSILLOS, S. (2007). Past and Contemporary Perspectives on Explanation. En T. Kuipers (Ed.), *General Philosophy of Science: Focal Issues* (pp. 97-173). Amsterdam: Elsevier.
- SNEED, J.D. (1971). *The Logical Structure of Mathematical Physics*. Dordrecht: Reidel.

Información y entrelazamiento en la mecánica cuántica

Marcelo Losada^{*}, Roberto Laura[†]

Introducción

Suele argumentarse que la mecánica cuántica es no local, y que implica la existencia de influencias de largo rango que actúan instantáneamente a grandes distancias, contradiciendo en apariencia las leyes de la relatividad especial.

Las teorías de historias cuánticas brindan un marco adecuado para analizar y discutir estas supuestas interacciones instantáneas no locales. Estas teorías son extensiones de la teoría cuántica ordinaria que permiten una descripción de un sistema cuántico, asignando probabilidades a la conjunción de propiedades a distintos tiempos.

La teoría de historias más conocida es la de historias consistentes (Griffiths, 1984, 2002), (Omnès, 1988, 1999), (Gell-Mann, Hartle, 1990). Más recientemente, hemos desarrollado un formalismo de historias cuánticas que denominamos de *contextos generalizados* (Laura, Vanni, 2009), (Laura, Vanni, 2010), (Losada, Laura, Vanni, 2013b). En nuestro formalismo, todas las posibles propiedades de un sistema cuántico se representan con proyectores en un espacio de Hilbert, y hemos postulado que dos propiedades a tiempos diferentes son mutuamente *compatibles* si los correspondientes proyectores conmutan al ser trasladados a un tiempo común. Solo son posibles descripciones de un sistema cuántico que involucren propiedades compatibles.

Como ocurre con otras teorías de historias, nuestro formalismo prescinde del postulado de colapso del estado del sistema, y describe al proceso de medición como una interacción entre sistemas cuánticos. El estado de un sistema solo es necesario a un tiempo fijo, y las probabilidades para propiedades a distintos tiempos se obtienen con una generalización de la regla de Born.

En este trabajo discutiremos con nuestro formalismo de contextos generalizados el entrelazamiento cuántico y la posibilidad de existencia de acciones instantáneas a distancia. En la sección 2 presentamos un ejemplo de entrelazamiento en el marco de la física clásica. Los contextos generalizados para las historias cuánticas se presentan muy brevemente en la sección 3, donde se obtienen expresiones explícitas para las propiedades condicionales entre propiedades a distintos tiempos. En la sección 4 se discute con nuestro formalismo un sistema cuántico preparado inicialmente con dos partes entrelazadas, que evolucionan sin interacción. Para este sistema compuesto se calculan las probabilidades de propiedades de cada parte y la probabilidad condicional entre propiedades de las dos partes. Las conclusiones se presentan en la sección 5.

* Instituto de Física Rosario, Argentina. marcelolosada@yahoo.com

† Universidad Nacional de Rosario, Argentina. rlaura@fceia.unr.edu.ar

Entrelazamiento clásico

Antes de considerar el entrelazamiento y las posibles acciones a distancia en la teoría cuántica (o su extensión a historias), analizaremos estos problemas en una situación que involucra procesos macroscópicos que son adecuadamente descritos con la física clásica.

Consideremos dos tarjetas distintas, marcadas con los signos (+) y (-). En Rosario, Roberto pone cada tarjeta en un sobre. Los dos sobres son idénticos, de modo que cuando están cerrados no es posible diferenciar sus contenidos. Después de mezclar los sobres, Roberto toma uno al azar y se lo envía a Alberto en Córdoba, y el otro lo envía a Bianca en Buenos Aires. Estos envíos se realizan a un tiempo t_0 que denominaremos *tiempo de preparación* del sistema formado por los dos sobres.

Vamos a designar con el símbolo $(A+, t_1)$ a la situación en que el sobre enviado a Alberto en Córdoba contiene la tarjeta (+) al tiempo $t_1 > t_0$. Designaremos con $(A-, t_1)$ a la situación en que el sobre enviado a Alberto contiene la tarjeta (-) al tiempo t_1 . Si no se conoce el contenido del otro sobre enviado a Bianca en Buenos Aires, ambas situaciones tienen la misma probabilidad. Escribiremos entonces

$$\Pr(A+, t_1) = \Pr(A-, t_1) = 1/2.$$

El sobre enviado a Alberto y el sobre enviado a Bianca constituyen las *partes A* y *B* del *sistema total* formado por los dos sobres. Los símbolos $(A+, t_1)$ y designan *propiedades* de la parte *A* al tiempo t_1 .

Análogamente, si para otro tiempo $t_2 > t_0$ consideramos las probabilidades para el contenido del sobre enviado a Bianca en Buenos Aires, tendremos

$$\Pr(B+, t_2) = \Pr(B-, t_2) = 1/2.$$

Ahora $(B+, t_2)$ y $(B-, t_2)$ representan propiedades de la parte *B* al tiempo t_2 .

$$\Pr[(B+, t_2)(A+, t_1)] = 0,$$

$$\Pr[(B+, t_2)(A-, t_1)] = 1/2,$$

$$\Pr[(B-, t_2)(A+, t_1)] = 1/2,$$

$$\Pr[(B-, t_2)(A-, t_1)] = 0,$$

Para las conjunciones de los posibles contenidos de los sobres enviados a Alberto y a Bianca tendremos

lo que indica que los contenidos de los sobres enviados a Alberto y a Bianca no son estadísticamente independientes.

Existe *certeza* de que el sobre enviado a Bianca en Buenos Aires contiene la tarjeta (+) al tiempo t_2 , si el sobre enviado a Alberto en Córdoba contiene la tarjeta (-) al tiempo t_1 . Esto se expresa con la siguiente probabilidad condicional

$$\Pr[(B+, t_2)|(A-, t_1)] = \frac{\Pr[(B+, t_2) \wedge (A-, t_1)]}{\Pr(A-, t_1)} = 1$$

Es claro que esta certeza no tiene nada que ver con una acción misteriosa (spooky action) a distancia ejercida en Buenos Aires desde Córdoba, sino que es exclusiva consecuencia del procedimiento de preparación de los sobres al tiempo , que es anterior a los tiempos t_1 y t_2 .

También resulta

$$\Pr[(B+,t_2)(A+,t_1)]=0$$

$$\Pr[(B-,t_2)(A+,t_1)]=1$$

$$\Pr[(B-,t_2)(A-,t_1)]=0$$

Contextos generalizados para las historias cuánticas

El formalismo de contextos generalizados ha sido aplicado para describir procesos de decaimiento (Losada, Laura, 2013), el experimento de la doble rendija con y sin aparatos de medición (Losada, Vanni, Laura, 2013b), y las mediciones cuánticas (Losada, Vanni, Laura, 2013), (Vanni, Laura, 2013). Además, hemos comparado nuestro formalismo con la teoría de historias consistentes (Losada, Laura, 2014), (Losada, Laura, 2014b).

Para poder abordar en la sección siguiente el problema del entrelazamiento cuántico, presentaremos ahora brevemente los resultados que se obtienen con nuestro formalismo al considerar dos propiedades compatibles a tiempos diferentes.

Consideremos una propiedad p_1 al tiempo t_1 , representada por un proyector Π_1 , y otra propiedad p_2 al tiempo t_2 , representada por el proyector Π_2 . Alternativamente, estas dos propiedades a distintos tiempos pueden representarse con sus proyectores trasladados a un tiempo común t_0 , es decir

$$\Pi_{01} \equiv U_{01} \Pi_1 U_{10}, \quad \Pi_{02} \equiv U_{02} \Pi_2 U_{20},$$

$$\text{donde } U_{10} = U(t_1, t_0) \equiv \exp[-iH(t_1 - t_0)/\hbar], \quad U_{20} = U(t_2, t_0) \equiv \exp[-iH(t_2, t_0)/\hbar], \quad U_{01} \equiv U_{10}^{-1} \text{ y } U_{02} \equiv U_{20}^{-1}.$$

Según nuestro formalismo de contextos generalizados, las dos propiedades se dicen *compatibles* si sus correspondientes proyectores, trasladados a un tiempo común, conmutan ($[\Pi_{01}, \Pi_{02}] = 0$). En ese caso, existirá un contexto generalizado que incluya a estas dos propiedades a distintos tiempos en un reticulado distributivo de propiedades, y con probabilidades bien definidas.

Si el operador estadístico ρ_0 representa el estado del sistema cuántico al tiempo t_0 , la probabilidad de la propiedad p_2 al tiempo t_2 es

$$\Pr(p_2, t_2) = \text{Tr}(\rho_0 \Pi_{02}). \quad (1)$$

Análogamente, para la probabilidad de la propiedad p_1 al tiempo t_1 se obtiene

$$\Pr(p_1, t_1) = \text{Tr}(\rho_0 \Pi_{01}). \quad (2)$$

La probabilidad de la conjunción de las propiedades p_2 al tiempo t_2 y p_1 al tiempo t_1 resulta

$$\Pr[(p_2, t_2) \wedge (p_1, t_1)] = \text{Tr}(\rho_0 \Pi_{02} \Pi_{01}) \quad (3)$$

La probabilidad de la propiedad p_2 al tiempo t_2 condicional a la propiedad p_1 al tiempo t_1 resulta entonces

$$\Pr[(p_2, t_2)|(p_1, t_1)] = \frac{\Pr[(p_2, t_2) \wedge (p_1, t_1)]}{\Pr(p_1, t_1)}$$

Del cálculo explícito de esta probabilidad condicional se obtiene el siguiente resultado

$$\Pr[(p_2, t_2)|(p_1, t_1)] = \text{Tr}(\rho_2^* \Pi_2), \quad (4)$$

Donde

$$\rho_2^* \equiv U_{21} \rho_1^* U_{12}, \quad U_{21} = U(t_2, t_1), \quad \rho_1^* \equiv \frac{\Pi_1 \rho_1 \Pi_1}{\text{Tr}(\Pi_1 \rho_1 \Pi_1)}, \quad \rho_1 \equiv U_{10} \rho_0 U_{01} \quad (5)$$

Vemos entonces que el conocimiento del estado del sistema a un único tiempo fijo, representado por el operador estadístico ρ_0 , es suficiente para calcular probabilidades de propiedades a los tiempos t_2 y t_1 (ecuaciones (1) y (2)), conjunciones de propiedades a distintos tiempos (ecuación (3)), y propiedades condicionales entre propiedades a distintos tiempos (ecuaciones (4) y (5)).

Entrelazamiento cuántico

Ahora vamos a considerar un sistema cuántico con dos partes A y B , de modo que su correspondiente espacio de Hilbert se pueda representar como el producto tensorial de los espacios de Hilbert de las partes A y B , es decir en la forma $H = H^A \otimes H^B$.

Hemos designado a las dos partes del sistema cuántico con las letras A y B , para poder facilitar después una comparación con el caso clásico discutido en la sección 2, donde las dos partes del sistema eran el sobre enviado a Alberto en Córdoba y el sobre enviado a Bianca en Buenos Aires.

Vamos a considerar también que, en el tiempo, las partes A y B del sistema cuántico están entrelazadas (entangled), de modo que el correspondiente operador estadístico no puede escribirse como el producto tensorial de operadores estadísticos de cada parte ($\rho_0 \neq \rho_0^A \otimes \rho_0^B$).

Supondremos además que las partes A y B no interaccionan entre sí después del tiempo, de modo que el operador unitario de evolución temporal puede escribirse en la forma

$$U(t', t) = U^A(t', t) \otimes U^B(t', t), \quad (6)$$

para cualquier par de tiempos t' y t más grandes que t_0 . En la expresión anterior, U^A y U^B son operadores unitarios en los espacios de Hilbert H^A y H^B respectivamente.

Para el tiempo $t_1 > t_0$ vamos a considerar una propiedad p_1 de la parte A del sistema. Esta propiedad se representa en el espacio de Hilbert H con el proyector $\Pi_1 = \Pi_1^A \otimes I^B$, donde I^B es el operador identidad en H^B , y Π_1^A es un operador de proyección en H^A .

Para el tiempo $t_2 > t_0$ también tendremos en consideración una propiedad p_2 de la parte B , que se representa en el sistema completo con el proyector $\Pi_2 = I^A \otimes \Pi_2^B$.

Para que las propiedades p_1 y p_2 puedan ser parte del mismo universo de discurso, o

contexto generalizado de propiedades, nuestro formalismo exige que las dos propiedades sean compatibles, es decir que sus correspondientes proyectores conmuten al ser trasladados al tiempo común t_0 .

Para el proyector correspondiente a la propiedad p_1 , trasladado desde el tiempo t_1 hasta el tiempo t_0 , se obtiene

$$\Pi_{01} = U_{01} \Pi_1 U_{10} = (U_{01}^A \otimes U_{01}^B) (\Pi_1^A \otimes I^B) (U_{10}^A \otimes U_{10}^B) = \Pi_{01}^A \otimes I^B, \quad (7)$$

donde $\Pi_{01}^A \equiv U_{01}^A \Pi_1^A U_{10}^A$.

Análogamente, para el proyector correspondiente a la propiedad p_2 trasladado desde el tiempo t_2 hasta el tiempo t_0 resulta

$$\Pi_{02} = U_{02} \Pi_2 U_{20} = I^A \otimes \Pi_{02}^B, \quad (8)$$

donde $\Pi_{02}^B \equiv U_{02}^B \Pi_2^B U_{20}^B$.

De las ecuaciones (7) y (8) se deduce fácilmente la relación de conmutación $[\Pi_{01}, \Pi_{02}] = 0$. Por lo tanto las propiedades p_1 al tiempo t_1 y p_2 al tiempo t_2 son *compatibles*.

Usando las ecuaciones (1), (6) y (8) para calcular la probabilidad de la propiedad p_2 al tiempo t_2 resulta

$$\begin{aligned} \Pr(p_2, t_2) &= \text{Tr}[\rho_0 (U_{02}^A \otimes U_{02}^B) (I^A \otimes \Pi_{02}^B) (U_{20}^A \otimes U_{20}^B)] \\ &= \text{Tr}[\rho_0 (I^A \otimes U_{02}^B \Pi_{02}^B U_{20}^B)] = \text{Tr}_B [(\text{Tr}_A \rho_0) U_{02}^B \Pi_{02}^B U_{20}^B] \end{aligned} \quad (9)$$

Vemos entonces que la probabilidad de la propiedad p_2 de la parte B del sistema al tiempo t_2 depende de lo que podríamos denominar el *estado* ρ_0^B de la parte B al tiempo de preparación t_0 , que se representa con la traza parcial sobre la parte A del estado del sistema completo ($\rho_0^B \equiv \text{Tr}_A \rho_0$). Esta probabilidad también depende de $U_{20}^B = U^B(t_2, t_0)$, que es el operador unitario que representa la evolución de la parte B del sistema entre los tiempos t_0 y t_2 . Destaquemos que esta probabilidad no depende entonces de lo que le ocurra a la parte A del sistema.

Este resultado es el análogo cuántico del que obtuvimos en nuestro ejemplo clásico para las probabilidades de que Bianca en Buenos Aires reciba el sobre con la tarjeta (+) o con la tarjeta (-). Estas probabilidades resultaban $\Pr(B+, t_2) = \Pr(B-, t_2) = 1/2$, en forma independiente del destino y contenido del otro sobre.

Para la probabilidad de la propiedad p_2 de la parte B al tiempo t_2 condicional a la propiedad p_1 de la parte A al tiempo t_1 podemos entonces usar las ecuaciones (4) y (5), para obtener

$$\begin{aligned} \Pr[(p_2, t_2) | (p_1, t_1)] &= \frac{\text{Tr}(U_{21} \Pi_1 \rho_1 \Pi_1 U_{12} \Pi_2)}{\text{Tr}(\Pi_1 \rho_1 \Pi_1)} = \\ &= \frac{\text{Tr}[(U_{21}^A \Pi_1^A U_{10}^A \otimes U_{20}^B) \rho_0 (U_{01}^A \Pi_1^A U_{12}^A \otimes U_{02}^B \Pi_2^B)]}{\text{Tr}[(\Pi_1^A U_{10}^A \otimes U_{10}^B) \rho_0 (U_{01}^A \Pi_1^A \otimes U_{01}^B)]}. \end{aligned} \quad (10)$$

Obviamente la probabilidad de al tiempo , condicional a la propiedad al tiempo t_1 , depende de p_1 . Esto se ve en la última expresión, donde aparece explícitamente el proyector Π_1^A .

Este resultado es el análogo cuántico del que obtuvimos en la sección 2 para el contenido del sobre enviado a Bianca en Buenos Aires, condicional al contenido del sobre enviado a Alberto en Córdoba.

Una vez más, y como ya lo discutimos para el caso clásico, no es razonable inferir de esta correlación entre las propiedades p_2 de la parte B en t_2 y p_1 de la parte A en t_1 , que exista una misteriosa acción a distancia entre los sistemas A y B . Notemos que, eventualmente, las partes A y B podrían estar ubicadas a una gran distancia entre ellas. Esto podría requerir que esta acción a distancia viajara a velocidad mayor que la de la luz, o aún del futuro al pasado (notemos que la ecuación (10) es válida con $t_2 > t_1$ y también con $t_2 < t_1$).

La correlación debe atribuirse a la preparación del sistema en el tiempo t_0 , que se ha hecho de manera que las partes A y B estén entrelazadas.

Esta correlación desaparece si las partes no están entrelazadas al tiempo t_0 . En efecto, si consideramos un operador estadístico de la forma $\rho_0 = \rho_0^A \otimes \rho_0^B$, la ecuación (10) permite demostrar que $\Pr[(p_2, t_2) | (p_1, t_1)] = \Pr(p_2, t_2)$, de modo tal que los eventos (p_2, t_2) y (p_1, t_1) resultan estadísticamente independientes.

Conclusiones

Con nuestro formalismo de contextos generalizados para historias cuánticas hemos analizado en este trabajo las correlaciones entre propiedades de dos partes de un sistema, para tiempos distintos y posteriores al tiempo de preparación, y para el caso en que las partes no interactúan después de su preparación.

Hemos obtenido que la probabilidad de cualquier propiedad de una de las partes depende solamente del operador de evolución temporal de esa parte, y del estado de la parte al tiempo de preparación.

Por otra parte, la correlación estadística entre propiedades de partes distintas a tiempos posteriores al de preparación depende solamente del entrelazamiento de las partes en el tiempo de preparación.

Los resultados obtenidos resultan análogos a los que se obtienen para un sistema clásico, donde no es necesario apelar a acciones instantáneas a distancia.

Bibliografía

- GELL-MANN M., HARTLE J. B. (1990). En W. Zurek (Ed.), *Complexity, Entropy and the Physics of Information*. Reading: Addison-Wesley.
- GRIFFITHS R. (1984). *J. Stat. Phys.* 36, 219.
- GRIFFITHS R. (2002). *Consistent Quantum Theory*. Cambridge University Press.
- LAURA R., VANNI L. (2009). Time translation of quantum properties. *Foundations of Physics*, 39, 160-173.
- LAURA R., VANNI L. (2010). Contexto de Historias. Un lenguaje para describir propiedades cuánticas a tiempos diferentes. En *Filosofía e História da Ciência no Cone Sul (AFHIC)*,

- Seleção de Trabalhos do 6º Encontro, Montevideo, Uruguay.* (pp. 540-547)
- LOSADA M., LAURA R. (2013). The formalism of generalized contexts and decay processes. *International Journal of Theoretical Physics*, 52 (4), 1289-1299.
- LOSADA M., LAURA R. (2014). Generalized contexts and consistent histories in quantum mechanics. *Annals of Physics*, 344, 263-274.
- LOSADA M., LAURA R. (2014b). Quantum histories without contrary inferences. *Annals of Physics* 351, 418–425.
- LOSADA M., VANNI L., LAURA R. (2013). ¿Cuántica con o sin postulado de colapso?. En *Epistemología e Historia de la Ciencia. Selección de Trabajos de las XXIII Jornadas*. Volumen 19 (pp. 255-260)
- LOSADA M., VANNI L., LAURA R. (2013b). Probabilities for time dependent properties in classical and quantum mechanics. *Physical Review A*, 87, 052128
- OMNÈS R. (1988), *J. Stat. Phys.* 53, 893.
- OMNÈS R. (1999). *Understanding Quantum Mechanics*, Princeton University Press.
- VANNI L., LAURA L. (2013). The logic of quantum measurements. *International Journal of Theoretical Physics*, 52 (7), 2386-2394.

Resultados recientes del formalismo de contextos generalizados para historias cuánticas

Marcelo Losada^{*}, Roberto Laura[†]

1. Introducción

El desarrollo de las teorías de historias cuánticas estuvo motivado por dos aspectos de la mecánica cuántica estándar, calificados de insatisfactorios por algunos autores. Uno de ellos de carácter interpretativo, a saber, el tratamiento de la medición como un proceso físico particular, distinto del resto de las interacciones físicas; y otro de carácter formal, a saber, la incapacidad de describir operaciones lógicas entre propiedades, como la conjunción, la disyunción o la negación, a distintos tiempos.

La interpretación estándar de la mecánica cuántica provee un exitoso algoritmo para predecir los resultados de las mediciones experimentales. Sin embargo, la distinción tajante entre los procesos de medición y el resto de los procesos físicos conduce a ciertas dificultades interpretativas. En particular, no es aplicable a sistemas cerrados en los cuales se incluyen a los aparatos de medición. Esto resulta de fundamental importancia en el caso de la cosmología cuántica, en la que el sistema físico es el universo en su totalidad.

Por otro lado, si bien el formalismo estándar de la mecánica cuántica permite definir operaciones lógicas entre propiedades (Birkhoff, von Neumann, 1936) (Vanni, Laura 2, 2013), como todas las propiedades están referidas a un mismo tiempo, no es posible combinar propiedades a distintos tiempos. Sin embargo, en muchos procesos físicos es necesario considerar expresiones que involucren propiedades en diferentes instantes. Por ejemplo, una propiedad de un sistema microscópico en un dado instante antes de una medición tiene que ser relacionada con una propiedad del aparato de medición después de la medición.

Para superar estas dificultades se desarrollaron diferentes teorías de historias cuánticas. En 1984 Griffiths presentó la primera versión de la teoría de historias consistentes (Griffiths, 1984), y años después presentó algunas modificaciones de aquella versión (Griffiths, 2002) (Griffiths, 2013). Por otro lado, Omnès publicó una serie de artículos y libros en los que contribuyó al desarrollo de esta teoría (Omnès, 1988) (Omnès, 1994) (Omnès, 1999). Paralelamente, Gell-Mann y Hartle desarrollaron un formalismo de historias similar al de historias consistentes denominado *historias decoherentes* (Gell-Mann, Hartle, 1990). Si bien estas teorías no son idénticas, sus fuertes similitudes justifican que se las englobe bajo el término de teoría de historias consistentes.

La teoría de historias consistentes pretende resolver las dos dificultades mencionadas

^{*} Instituto de Física Rosario, Argentina. marcelolosada@yahoo.com

[†] Universidad Nacional de Rosario, Argentina. rlaura@fceia.unr.edu.ar

previamente. Por un lado, provee una interpretación de la mecánica cuántica en la que los procesos de medición son tratados de la misma forma que el resto de los procesos físicos. La medición pierde su estatus privilegiado y pasa a ser descrita como una interacción física ordinaria entre un sistema a ser medido y un aparato de medición. La dinámica de la medición es descrita por la ecuación de Schrödinger y, en consecuencia, ya no se requiere el postulado adicional del colapso del vector de estado. Por lo tanto, resulta aplicable a sistemas cerrados en los cuales se incluyen los aparatos de medición, lo que es de suma importancia para el estudio de la cosmología cuántica.

Por otro lado, extiende el formalismo estándar de la mecánica cuántica de modo tal de poder definir operaciones lógicas entre propiedades a distintos tiempos. Para ello introduce la noción de historia que generaliza a la noción de evento. Una historia se define como una secuencia de eventos a distintos tiempos u operaciones lógicas entre ellas, como la conjunción, la disyunción o la negación. A las primeras se las denomina historias elementales y a las segundas historias compuestas.

Por ejemplo, si consideramos n tiempos, $t_1 < \dots < t_n$, y las propiedades p_i y q_i en cada tiempo t_i , entonces $\tilde{p} = (p_1, \dots, p_n)$ es la historia elemental en la que en cada tiempo t_i se da la propiedad p_i y $\tilde{q} = (q_1, \dots, q_n)$ es la historia elemental en la que en cada tiempo t_i se da la propiedad q_i . Por otro lado, $\tilde{p} \vee \tilde{q}$, $\tilde{p} \wedge \tilde{q}$ y $\neg \tilde{p}$ son historias compuestas que resultan de las operaciones lógicas (disyunción, conjunción y negación, respectivamente) entre las historias \tilde{p} y \tilde{q} .

Al igual que en el caso de la propiedades a un tiempo, no es posible asignar probabilidades al conjunto de todas las historias. Por lo tanto, primero se debe seleccionar un subconjunto de ellas que satisfaga ciertas condiciones. Las teorías de historias cuánticas postulan condiciones para decidir qué conjuntos de historias se pueden predicar legítimamente de un sistema y asignarles probabilidades.

En el caso de la teoría de historias consistentes, para que sea posible referirse a propiedades pertenecientes a contextos a distintos tiempos los contextos deben satisfacer ciertas condiciones denominadas *condiciones de consistencia*. Estas condiciones tienen la particularidad de depender del estado del sistema, situación muy diferente a lo que ocurre en el formalismo estándar de la mecánica cuántica, en el cual los estados se definen como funcionales lineales sobre los observables del sistema. Como las historias cuánticas juegan el rol de observables es razonable esperar que los conjuntos de historias permitidos no dependan del estado del sistema. Además, la condición de consistencia permite demasiadas familias de historias, algunas de las cuales son de difícil interpretación (Dowker, Kent, 1996) (Laloë, 2001). En particular, se ha mostrado que en la teoría de historias consistentes la excesiva libertad de familias de historias hace posible la retrodicción de propiedades contrarias (Hartle, 2007) (Kent, 1997) (Kent, 1998).

En vistas de superar estas dificultades, uno de los autores y Leonardo Vanni desarrollaron el formalismo de Contextos Generalizados (Laura, Vanni, 2008) (Laura, Vanni, 2008b) (Laura, Vanni, 2009). La idea central de este formalismo es imponer la condición de consistencia

para todos los estados cuánticos. Al hacer esto se obtiene una condición de compatibilidad para los contextos de propiedades a tiempos diferentes que consiste en la conmutación de sus correspondientes proyectores al ser trasladados a un instante común. Esta nueva condición, al ser más limitativa, ha mostrado ser beneficiosa para solucionar algunos problemas que aparecen en la teoría de historias consistentes, entre ellos la retrodicción de propiedades contrarias (Losada, Laura, 2014).

En trabajos anteriores hemos aplicado nuestro formalismo para describir el experimento de la doble ranura (Losada, Vanni, Laura, 2013), la lógica del proceso de medición (Vanni, Laura, 2013), y el proceso de decaimiento cuántico (Losada, Laura, 2013). También hemos demostrado que al imponer la condición de consistencia para todos los estados posibles del sistema, la teoría de historias que resulta es equivalente al formalismo de contextos generalizados (Losada, Laura, 2014).

En este trabajo se presenta un breve resumen del formalismo de contextos generalizados y se analiza el problema de inferencias de propiedades contrarias en el formalismo estándar de la mecánica cuántica, en la teoría de historias consistentes y en nuestro formalismo de contextos generalizados.

2. Contextos generalizados

La teoría de historias consistentes resulta adecuada para describir propiedades en instantes diferentes y permite calcular probabilidades bien definidas sobre familias de historias consistentes. Sin embargo se debe destacar que, puesto que las condiciones de consistencia dependen del estado inicial, las familias de historias admisibles dependen de las condiciones iniciales en las que se encuentra el sistema (Laura, Vanni, 2009). Esto es diferente de lo que sucede en el formalismo estándar de la mecánica cuántica, donde los contextos de propiedades admisibles no dependen del estado.

Motivados por esta dificultad conceptual, Autor 2 y Leonardo Vanni desarrollaron un formalismo alternativo de historias cuánticas denominado enfoque de *contextos generalizados*, que independiza el conjunto de historias cuánticas consistentes del estado inicial del sistema.

El enfoque de contextos generalizados se basa en la noción de traslación temporal de propiedades. Al igual que en el caso de la teoría de historias consistentes, para que las probabilidades estén bien definidas hacen falta condiciones adicionales sobre los conjuntos de historias. En este caso la condición de compatibilidad adicional a imponer sobre las propiedades a diferentes tiempos es la conmutación de los correspondientes proyectores cuando son trasladados a un tiempo común. A continuación se describe brevemente las ideas centrales de este formalismo.

Sea un sistema físico cuyo espacio de Hilbert es H y cuya dinámica está gobernada por el operador de evolución temporal $U(t',t)$ (Ballentine, 1998). Las propiedades del sistema, al igual que en la mecánica cuántica estándar, se representan por subespacios del espacio de Hilbert o por sus respectivos proyectores (Birkhoff, von Neumann, 1936) (Losada, Vanni,

Laura, 2013) (Von Neumann, 1932). Los eventos del sistema se definen como propiedades a un dado tiempo y se representan con un par (V, t) , donde V es el subespacio que representa a la propiedad y t es el tiempo del evento.

Dado un evento (V, t) , decimos que (V', t') es una traslación temporal de (V, t) si $V' = U(t', t)V$. A partir de la noción de traslación temporal de eventos se define una relación de equivalencia de la siguiente manera

$$(V', t') \sim (V, t) \iff V' = U(t', t)V$$

Al conjunto de todos los eventos equivalentes por traslación temporal a (V, t) se lo denomina clase de eventos $[V, t]$, esto es,

$$[V, t] = \{(V', t') \mid (V', t') \sim (V, t)\}.$$

En el formalismo de contextos generalizados, una historia cuántica se representa mediante una clase de eventos. Por ejemplo, una historia de la forma “*el sistema posee la propiedad V en el instante t* ” se representa mediante la clase $[V, t]$. A su vez, la disyunción y la conjunción entre historias están dadas por

$$\begin{aligned} [V, t] \vee [V', t'] &= [U(t_0, t)V + U(t_0, t')V', t_0], \\ [V, t] \wedge [V', t'] &= [U(t_0, t)V \cap U(t_0, t')V', t_0], \end{aligned}$$

donde t_0 es un instante arbitrario.

A partir de este formalismo es posible representar historias que involucren propiedades en instantes diferentes. Dados n instantes, se considera un contexto de propiedades por cada instante t_i , cuyos proyectores $\Pi_i^{k_i}$ satisfagan

$$\Pi_i^{k_i} \Pi_i^{k'_i} = \delta_{k, k'}, \Pi_i^{k_i}, \quad \sum_{k_i \in \sigma_i} \Pi_i^{k_i} = I.$$

Para considerar historias que involucren propiedades de cualquiera de estos contextos a distintos instantes es necesario que tales contextos puedan ser incluidos en un contexto común. Para ello, el enfoque de contextos generalizados impone la condición de que los proyectores de cada contexto trasladados a un tiempo común conmuten, es decir,

$$[\Pi_{i_0}^{k_i}, \Pi_{j_0}^{k_j}] = 0 \quad \forall k_i \in \sigma_i, \forall k_j \in \sigma_j, 1 \leq i, j \leq n$$

donde $\Pi_{i_0}^{k_i} = U(t_0, t_i) \Pi_i^{k_i} U^{-1}(t_0, t_i)$ y $\Pi_{j_0}^{k_j} = U(t_0, t_j) \Pi_j^{k_j} U^{-1}(t_0, t_j)$. Dicha condición se

denomina *condición de compatibilidad* y los contextos que la satisfacen se dicen *compatibles*.

A partir de contextos compatibles se puede formar un nuevo contexto que los incluya, en el cual es posible representar historias que involucren conjunciones y disyunciones de propiedades a distintos instantes.

La probabilidad de las historias se define generalizando la regla de Born. Dada una clase de eventos, que representa una historia, su probabilidad está dada por

$$\Pr[V, t_0] = \text{Tr}(\rho_{t_0} \Pi_V),$$

donde ρ_{t_0} es el estado del sistema en el instante t_0 y Π_V es el proyector correspondiente a la propiedad V . Esta probabilidad está bien definida, y satisface los axiomas de Kolmogorov.

El enfoque de contextos generalizados presenta ciertas características de interés frente al formalismo de historias consistentes. Entre ellas podemos mencionar las siguientes:

(i) La condición de compatibilidad entre propiedades a distintos instantes es una generalización inmediata y natural de la condición de conmutación para observables compatibles, la cual es usual en la mecánica cuántica.

(ii) A diferencia de lo que ocurre en la teoría de historias consistentes, la estructura lógica de propiedades admisibles para el enfoque de contextos generalizados es independiente del estado del sistema.

(iii) La condición de compatibilidad de este enfoque implica la condición de consistencia del formalismo de historias consistentes (Laura, Vanni, 2009). Además, si se exige la condición de consistencia para todo estado inicial, entonces ambas condiciones resultan equivalentes (Losada, Laura, 2014).

El formalismo de contextos generalizados impone una condición de compatibilidad más restrictiva que la teoría de historias consistentes. Esta nueva condición, al ser más limitativa, ha mostrado ser beneficiosa para solucionar algunos problemas que aparecen en la teoría de historias consistentes, como es el caso de la retrodicción de propiedades contrarias. En la siguiente sección se discute esta cuestión en ambos formalismos y se muestran sus diferencias.

3. Propiedades contrarias

En la teoría de historias consistentes las predicciones y retrodicciones probabilísticas dependen de la familia de historias consistentes elegida. Se ha mostrado que esta libertad permite la retrodicción de propiedades contrarias. Dos propiedades p y q se denominan contrarias si verifican $p \leq \neg q$. Adrian Kent encontró un estado ρ_0 al tiempo t_0 , dos propiedades contrarias p y q al tiempo t_1 y otra propiedad r al tiempo t_2 , con $t_0 < t_1 < t_2$, tales que se verifica $\Pr_{\rho_0}(p, t_1 | r, t_2) = 1$ y también $\Pr_{\rho_0}(q, t_1 | r, t_2) = 1$. De acuerdo con estas dos expresiones, existe entonces un estado al tiempo t_0 y una propiedad al tiempo t_2 que implica dos propiedades contrarias al tiempo t_1 (Kent, 1997).

Para los defensores de esta formulación no es necesariamente un problema porque cada retrodicción se obtiene en una familia de historias distinta, es decir, en diferentes descripciones del sistema físico que no pueden ser consideradas simultáneamente (Griffiths, Hartle, 1998) (Hartle, 2007). Sin embargo, para algunos autores es considerado un grave problema para la teoría (Kent, 1997) (Kent, 1998) (Okon, Sudarsky, 2014).

Hemos analizado este problema utilizando el formalismo de contextos generalizados (Losada, Laura, 2014) y hemos demostrado que debido a tener una condición de compatibilidad más restrictiva no es posible obtener retrodicciones de propiedades contrarias.

Primero analizaremos el caso de las inferencias de propiedades contrarias en el formalismo estándar de la mecánica cuántica. En la siguiente sección demostraremos que no es posible obtener inferencias de propiedades contrarias en dicho formalismo.

a. Propiedades contrarias en mecánica cuántica ordinaria

En mecánica cuántica una propiedad \mathbf{p} se representa por un proyector ortogonal Π_p sobre el espacio de Hilbert \mathcal{H} del sistema, o alternativamente, por su correspondiente subespacio cerrado $V_p = \Pi_p \mathcal{H}$. Por definición (Kent, 1997), dos propiedades \mathbf{p} y \mathbf{q} se dicen *contrarias* si satisfacen la relación de orden $p \leq \bar{q}$. Esta relación, escrita en términos de los correspondientes subespacios, se expresa de la siguiente manera

$$\Pi_p \mathcal{H} \subseteq (I - \Pi_q) \mathcal{H} \quad (1)$$

Por otro lado, como la inclusión de subespacios tiene una manera de expresarse a partir de los proyectores asociados a los subespacios (Mittelstaedt, 1978), la ecuación (1) puede formularse de la siguiente forma

$$\Pi_p (I - \Pi_q) = (I - \Pi_q) \Pi_p = \Pi_p$$

A partir de esta última expresión es fácil ver que $\Pi_p \Pi_q = \Pi_q \Pi_p = 0$, lo que significa que los proyectores Π_p y Π_q conmutan y, por lo tanto, representan propiedades compatibles.

Luego, los proyectores Π_p , Π_q y $\Pi_{p \vee q}$ forman una descomposición proyectiva de la identidad, es decir, son ortogonales y suman la identidad. Por lo tanto, las propiedades \mathbf{p} , \mathbf{q} y $p \vee q$ pueden considerarse propiedades atómicas que generan un contexto de propiedades con probabilidades bien definidas (Losada, Laura, 2014).

Para cualquier estado del sistema representado por un operador de estado ρ , la probabilidad de una propiedad \mathbf{p} se obtiene a partir de la regla de Born, es decir, $\Pr_\rho(p) = \text{Tr}(\rho \Pi_p)$. En particular, para las propiedades atómicas se obtiene

$$\Pr_\rho(p) + \Pr_\rho(q) + \Pr_\rho(p \vee q) = 1 \quad (2)$$

A partir de estas ecuaciones se deduce fácilmente que si $\Pr_\rho(p) = 1$, entonces $\Pr_\rho(q) = 0$ y si $\Pr_\rho(q) = 1$, entonces $\Pr_\rho(p) = 0$.

Por lo tanto, concluimos que en mecánica cuántica ordinaria es imposible que dos propiedades contrarias \mathbf{p} y \mathbf{q} tengan probabilidad igual a uno para el mismo estado. Estos

resultados pueden ser interpretados de la siguiente manera: si la propiedad p (q) es verdadera, entonces la propiedad q (p) es falsa. Este resultado justifica haber denominado propiedades contrarias a propiedades que satisfacen la relación (1).

Más en general, es fácil ver que dado dos propiedades contrarias \mathbf{p} y \mathbf{q} no es posible obtener un estado ρ y una propiedad \mathbf{r} para la cual

$$\Pr_{\rho}(p|r)=1 \quad \text{y} \quad \Pr_{\rho}(q|r)=1 \quad (3)$$

Para poder definir las probabilidades condicionales anteriores, las propiedades \mathbf{p} , \mathbf{q} y \mathbf{r} tienen que representarse por proyectores que conmuten. Por lo tanto, las probabilidades condicionales se escriben de la siguiente forma

$$\Pr_{\rho}(p|r)=\frac{\text{Tr}(\rho\Pi_p\Pi_r)}{\text{Tr}(\rho\Pi_r)}=\text{Tr}(\rho^*\Pi_p)=\Pr_{\rho^*}(p) \quad \text{y} \quad \Pr_{\rho}(q|r)=\text{Tr}(\rho^*\Pi_q)=\Pr_{\rho^*}(q) ,$$

$$\text{donde } \rho^*=\frac{\Pi_r\rho\Pi_r}{\text{Tr}(\Pi_r\rho\Pi_r)} .$$

Teniendo en cuenta la ecuación (2) con $\rho=\rho^*$ concluimos que no existe estado ρ y propiedad \mathbf{r} para los cuales las ecuaciones (3) puedan ser ambas válidas.

b. Propiedades contrarias en la teoría de Historias Consistentes

En la teoría de historias consistentes, n contextos de propiedades, cada uno a un tiempo distinto \mathbf{t}_j ($j=1,\dots,n$), que satisfacen las condiciones de consistencia pueden ser usados para definir una familia de historias consistentes, es decir, un conjunto de historias con probabilidades bien definidas. Cada posible familia de historias consistentes es una descripción igualmente válida del sistema. En general no es posible incluir dos familias diferentes en otra más grande. Cuando este es el caso, las familias se consideran descripciones complementarias de un sistema, que no pueden considerarse simultáneamente.

Adrian Kent (2007) fue el primero en señalar que utilizando familias de historias consistentes distintas es posible la retrodicción de propiedades contrarias. Posteriormente, J. B. Hartle (2007) presentó el siguiente ejemplo de inferencia de propiedades contrarias.

Sea un sistema cuántico en un estado representado por $|\psi\rangle=\frac{1}{\sqrt{3}}(|A\rangle+|B\rangle+|C\rangle)$ al tiempo \mathbf{t}_0 , donde $|A\rangle$, $|B\rangle$ y $|C\rangle$ son tres vectores ortonormales de un espacio de Hilbert de tres dimensiones. Por simplicidad se elige el hamiltoniano igual a cero. Al tiempo $\mathbf{t}_2 > \mathbf{t}_0$ se considera la propiedad Φ , representada por el proyector $P_{\Phi}=|\Phi\rangle\langle\Phi|$, con $|\Phi\rangle=\frac{1}{\sqrt{3}}(|A\rangle+|B\rangle-|C\rangle)$. Luego, la idea es analizar la probabilidad de que el sistema tenga la propiedad \mathbf{A} , representada por el proyector $P_A=|A\rangle\langle A|$, a un tiempo intermedio \mathbf{t}_1 ($\mathbf{t}_0 < \mathbf{t}_1 < \mathbf{t}_2$).

Se considera la familia de historias de dos tiempos dada por las propiedades \mathbf{A} y su negación $\bar{\mathbf{A}}$ ($P_{\bar{\mathbf{A}}}=I-P_A$) al tiempo \mathbf{t}_1 , y por las propiedades Φ y su negación $\bar{\Phi}$ ($P_{\bar{\Phi}}=I-P_{\Phi}$) al tiempo \mathbf{t}_2 . Esta familia de historias satisface las condiciones de consistencia y a partir de ella se

puede obtener el siguiente resultado

$$\Pr_{\psi}(A, t_1 | \Phi, t_2) = 1 \quad \text{y} \quad \Pr_{\psi}(\bar{A}, t_1 | \Phi, t_2) = 0, \quad (4)$$

el cual puede interpretarse como que la propiedad Φ al tiempo t_2 implica a la propiedad A a un tiempo previo $t_1 < t_2$.

Por otro lado, usando una familia consistente distinta, que incluya las propiedades B ($P_B = |B\rangle\langle B|$) y su negación \bar{B} ($P_{\bar{B}} = I - P_B$) al tiempo t_1 , y por las propiedades Φ y $\bar{\Phi}$ al tiempo t_2 . Esta familia también satisface las condiciones de consistencia, y en este caso se obtiene el siguiente resultado

$$\Pr_{\psi}(B, t_1 | \Phi, t_2) = 1 \quad \text{y} \quad \Pr_{\psi}(\bar{B}, t_1 | \Phi, t_2) = 0 \quad (5)$$

el cual puede interpretarse como que la propiedad Φ al tiempo t_2 implica a la propiedad B a un tiempo previo $t_1 < t_2$.

Desde el punto de vista de la teoría de historias consistentes las ecuaciones (4) y (5) no pueden ser interpretadas como un caso de retrodicción de dos propiedades contrarias, ya que se obtuvieron en dos descripciones incompatibles del sistema cuántico, que no pueden ser incluidas en una misma familia de historias consistentes. Sin embargo, algunos autores han considerado que estos resultados son una fuerte objeción a la consistencia interna de la teoría de historias consistentes (Kent, 1997) (Kent, 1998) (Okon, Sudarsky, 2014).

En la siguiente sección se analiza este ejemplo desde la perspectiva del formalismo de contextos generalizados. Además, se demuestra de manera general que en dicho formalismo no es posible la retrodicción de propiedades contrarias.

c.-Propiedades contrarias en el formalismo de Contextos Generalizados

En esta sección vamos a considerar las propiedades contrarias utilizando el formalismo de contextos generalizados. Veremos que en este formalismo no es posible la retrodicción de propiedades contrarias.

Es fácil ver que los proyectores $P_A = |A\rangle\langle A|$ y $P_{\Phi} = |\Phi\rangle\langle \Phi|$ no conmutan, por lo tanto el formalismo de contextos generalizados no permite una descripción del sistema cuántico que incluya a las propiedades A al tiempo t_1 y Φ al tiempo t_2 . Luego, las probabilidades condicionales que aparecen en la ecuación (4) no están siquiera definidas. Por otro lado, los proyectores $P_B = |B\rangle\langle B|$ y $P_{\Phi} = |\Phi\rangle\langle \Phi|$ tampoco conmutan, y por lo tanto las probabilidades condicionales que aparecen en la ecuación (5) tampoco están definidas. Por lo tanto, las historias del ejemplo de la sección anterior no son descripciones válidas para el formalismo de contextos generalizados.

Este resultado puede demostrarse para el caso general. Para ello consideremos un estado ρ_0 al tiempo t_0 , dos propiedades contrarias p y q al tiempo $t_1 > t_0$ y otra propiedad r al tiempo $t_2 > t_1$. Veremos que no es posible obtener simultáneamente $\Pr_{\rho_0}(p, t_1 | r, t_2) = 1$ y $\Pr_{\rho_0}(q, t_1 | r, t_2) = 1$.

Para que las probabilidades condicionales estén bien definidas se deben satisfacer las

siguientes condiciones de compatibilidad

$$y \quad , \quad (6)$$

donde

Además, como \mathbf{p} y \mathbf{q} son propiedades contrarias, sus respectivos proyectores conmutan y, por lo tanto

$$. \quad (7)$$

Las relaciones de conmutación dadas en las ecuaciones (6) y (7) son las condiciones de compatibilidad necesarias para considerar un contexto generalizado de dos tiempos que incluya las propiedades contrarias \mathbf{p} y \mathbf{q} al tiempo \mathbf{t}_1 y la propiedad \mathbf{r} al tiempo \mathbf{t}_2 , en el cual las probabilidades condicionales $\Pr_{\rho_0}(p, t_1 | r, t_2)$ y $\Pr_{\rho_0}(q, t_1 | r, t_2)$ están bien definidas y se expresan de la siguiente manera

$$\Pr_{\rho_0}(p, t_1 | r, t_2) = \frac{\text{Tr}(\rho_0 \Pi_{p,0} \Pi_{r,0})}{\text{Tr}(\rho_0 \Pi_{r,0})} = 1 \quad y \quad \Pr_{\rho_0}(q, t_1 | r, t_2) = \frac{\text{Tr}(\rho_0 \Pi_{q,0} \Pi_{r,0})}{\text{Tr}(\rho_0 \Pi_{r,0})} = 1. \quad (8)$$

Teniendo en cuenta las relaciones de conmutación dadas en (6), las ecuaciones anteriores se pueden escribir de la siguiente forma

$$\Pr_{\rho_0}(p, t_1 | r, t_2) = \text{Tr}(\rho_0^* \Pi_{p,0}) = 1, \quad \Pr_{\rho_0}(q, t_1 | r, t_2) = \text{Tr}(\rho_0^* \Pi_{q,0}) = 1,$$

$$\text{con } \rho_0^* = \frac{\Pi_{r,0} \rho_0 \Pi_{r,0}}{\text{Tr}(\Pi_{r,0} \rho_0 \Pi_{r,0})}.$$

Como y representan propiedades contrarias al mismo tiempo \mathbf{t}_0 y ρ_0^* es un estado cuántico, siguiendo el mismo razonamiento que en la sección (III.a.), concluimos que no existe ρ_0^* para el cual las ecuaciones (8) sean ambas válidas. Por lo tanto, no es posible la retrodicción de propiedades contrarias en el formalismo de contextos generalizados.

Conclusiones

La interpretación estándar de la mecánica cuántica provee un exitoso algoritmo para predecir los resultados de las mediciones experimentales. Si bien el formalismo estándar de la mecánica cuántica permite definir operaciones lógicas entre propiedades, como todas las propiedades están referidas a un mismo tiempo, no es posible combinar propiedades a distintos tiempos. Sin embargo, en muchos procesos físicos es necesario considerar expresiones que involucren propiedades en diferentes instantes.

Para superar estas dificultades se desarrollaron diferentes teorías de historias cuánticas, entre ellas la teoría de historias consistentes y el formalismo de contextos generalizados. Estas teorías introducen la noción de historia, que generaliza a la noción de evento, y de este modo extienden el formalismo estándar de la mecánica cuántica de modo tal de poder definir operaciones lógicas entre propiedades a distintos tiempos.

Las condiciones que impone la teoría de historias consistentes sobras las familias de historias es menos restrictiva que las del formalismo de contextos generalizados. Por esta razón permite demasiadas familias de historias, algunas de las cuales son de difícil interpretación. En particular, se ha mostrado que en la teoría de historias consistentes la excesiva libertad de familias de historias hace posible la retrodicción de propiedades contrarias (Kent, 1997).

Uno de los autores y Leonardo Vanni desarrollaron como alternativa a la teoría de historias consistentes el formalismo de contextos generalizados (Laura, Vanni, 2008) cuya característica distintiva es que la condición de consistencia se impone para todos los estados cuánticos. Esta nueva condición, al ser más limitativa, ha mostrado ser beneficiosa para solucionar algunos problemas que aparecen en la teoría de historias consistentes, entre ellos la retrodicción de propiedades contrarias (Losada, Laura, 2014).

En este trabajo se analizó si la posibilidad de inferir propiedades contrarias en el formalismo estándar de la mecánica cuántica. En la sección III.a. se mostró que dado dos propiedades contrarias \mathbf{p} y \mathbf{q} , no existe ningún estado ni propiedad r para los cuales la probabilidad condicional de \mathbf{p} dado r y la probabilidad condicional de \mathbf{q} dado r puedan ser ambas iguales a uno. Por lo tanto, no hay lugar para las inferencias de propiedades contrarias en la mecánica cuántica ordinaria.

Luego, en la III.b. se analizó la posibilidad de inferencias contrarias en la teoría de contextos generalizados. Se mostró, presentado un ejemplo desarrollado por Hartle, que sí es posible realizar retrodicciones de propiedades contrarias en esta teoría. Más específicamente, se mostró que es posible encontrar un estado al tiempo t_0 , dos propiedades contrarias \mathbf{p} y \mathbf{q} al tiempo $t_1 > t_0$ y una tercera propiedad r al tiempo $t_2 > t_1$ tales que la probabilidad condicional de \mathbf{p} dado r y la probabilidad condicional de \mathbf{q} dado r sean ambas iguales a uno. Aunque estas probabilidades condicionales están definidas en diferentes conjuntos de historias consistentes, algunos autores han considerado este hecho como un problema de consistencia lógica de esta teoría.

Por último, se analizó este problema utilizando nuestro formalismo de contextos generalizados. En la sección III.c. se mostró que el ejemplo presentado por Hartle utiliza historias que no son admisibles en este formalismo y, por lo tanto, no es un caso de retrodicción de propiedades contrarias. Además, se demostró de manera general que no es posible la retrodicción de propiedades contrarias.

Como se explicó en la sección II, los contextos generalizados de historias cuánticas tienen la estructura de reticulado distributivo ortocomplementado, es decir, la misma estructura que las propiedades cuánticas de un contexto ordinario. Es debido a esta estructura que en el formalismo de contextos generalizados no hay lugar para la retrodicción de propiedades contrarias.

Aunque la ausencia de propiedades contrarias puede considerarse una ventaja de este formalismo, se debe considerar la posibilidad de que ciertas historias con relevancia física sean eliminadas por él. Aún no tenemos un resultado definitivo al respecto. En el futuro

profundizaremos nuestra investigación sobre esta cuestión.

Bibliografía

- BALLENTINE, L. (1998). *Quantum Mechanics. A modern Development*. Singapur: World Scientific.
- BIRKHOFF, G. Y VON NEUMANN, J. (1936). “The logic of quantum mechanics”, *Annals of Mathematics*, **37**: 823-843.
- COHEN, D. (1989). *An Introduction to Hilbert Space and Quantum Logic*. Nueva York: Springer-Verlag.
- DOWKER, F. Y KENT, A. (1996). “On the Consistent Histories Approach to Quantum Mechanics”, *Journal of Statistical Physics*. 82 1575-1646.
- GELL-MANN, M. Y HARTLE, J. B. (1990). “Quantum Mechanics in the Light of Quantum Cosmology”, en W. Zurek (ed.), *Complexity, Entropy and the Physics of Information*. Reading: Addison-Wesley.
- GRIFFITHS, R. (1984). “Consistent histories and the interpretation of quantum mechanics”, *Journal of Statistical Physics*, **36**: 219-272.
- GRIFFITHS, R. (2002). *Consistent Quantum Theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- GRIFFITHS, R. (2013). “A consistent quantum ontology”, *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, **44**: 93-114.
- GRIFFITHS, R. Y HARTLE, J. B. (1998). “Comment on ‘Consistent Sets Yield Contrary Inferences in Quantum Theory’ ”, *Physical Review Letters*, **81**, 1981.
- HARTLE, J. B. (2007). “Quantum physics and human language”, *Journal of Physics A*, **40** 3101-3121.
- KENT, A. (1997). “Consistent Sets Yield Contrary Inferences in Quantum Theory”, *Physical Review Letters*, **78** 2874-2877.
- KENT, A. (1998). “Consistent Sets and Contrary Inferences: Reply to Griffiths and Hartle”, *Physical Review Letters*, **81** 1982.
- LALOË, F. (2001). “Do we really understand quantum mechanics?”, *American Journal of Physics*, **69** 655 - 701
- LAURA, R. Y VANNI, L. (2008). *International Journal of Theoretical Physics*.
- LAURA, R. Y VANNI, L. (2008b). *Epistemología e Historia de la Ciencia*.
- LAURA, R. Y VANNI, L. (2009). *Foundations of Physics*.
- LOMBARDI, O. Y DIEKS, D. (2012). “Modal interpretations of quantum mechanics”, *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Stanford University.
- LOSADA, M. Y LAURA, R. (2013). *International Journal of Theoretical Physics*.
- LOSADA, M. Y LAURA, R. (2014). *Annals of Physics*.
- LOSADA, M. Y LAURA, R. (2014b). *Annals of Physics*.
- LOSADA, M., VANNI, L. Y LAURA, R. (2013). *Physical Review A*.
- MITTELSTAEDT, P. (1978). *Quantum Logic*, D. Reidel Publishing Company.
- OKON, E. Y SUDARSKY, D. (2014). “On the Consistency of the Consistent Histories

- Approach to Quantum Mechanics”, *Foundations of Physics* 44 19-33.
- OMNÈS, R. (1988). “Logical Reformulation of Quantum Mechanics. I. Foundations”, *Journal of Statistical Physics*, 53: 893-932.
- OMNÈS, R. (1994). *The Interpretation of Quantum Mechanics*. Princeton: Princeton University Press.
- OMNÈS, R. (1999). *Understanding Quantum Mechanics*. Princeton: Princeton University Press.
- VANNI, L. Y LAURA, R. (2013). *International Journal of Theoretical Physics*.
- VON NEUMANN, J. (1932). *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*. Berlin: Springer.

Una batalla por la autonomía tecnológica: Uranio natural o enriquecido (Más de cuatro décadas después)

Ernesto E. Maqueda^{}, Walter Scheuer[†]*

I. Introducción

La confrontación descrita en este relato no fue referente a energía nuclear sí o no, ni referente a la ubicación y potencia generadora de la futura central; todo ello ya estaba decidido. Fue referente a cuál era la tecnología que, en esa etapa del desarrollo tecnológico-industrial de la Argentina, permitiría una mayor autonomía para el complejo desarrollo futuro de la energía núcleo-eléctrica en el país: la de las centrales de uranio natural y agua pesada o las de uranio enriquecido y agua común.

La cuestión, ya latente a mediados de la década anterior al decidirse las características de la primera central nuclear, a la sazón en construcción en Atucha, adquirió relevancia con los estudios que debían conducir a una definición respecto a la nueva central a instalarse en Embalse, Provincia de Córdoba.

La documentación que aportamos está constituida por actas de las reuniones de la APCNEA, algunos de sus boletines y comunicados de prensa, copias de solicitadas publicadas en diarios de circulación nacional, notas personales sobre entrevistas, etc.. Una selección de la documentación original que sirvió de base para este trabajo está disponible en [Repositorio]. Junto con vivencias propias y ajenas presentamos los antecedentes, las motivaciones y las formas de encarar las acciones, recordaremos a los integrantes de los grupos de trabajo, las participaciones en los medios gráficos, radiales y televisivos, las entrevistas mantenidas con diferentes actores importantes de la vida nacional en esa época.

Nos limitamos, fundamentalmente, al intervalo de 7–8 meses comprendido entre la formación de los grupos de trabajo de la APCNEA que encararon la defensa activa de la opción natural hasta un poco después de la aprobación de esa opción por parte del gobierno nacional. Creemos que, en ese lapso, la APCNEA plasmó con acción persistente y concreta los requerimientos ineludibles para un programa argentino de desarrollo núcleo-eléctrico, tanto tecnológica cuanto científicamente autónomo, como era propiciado en esa época, por ejemplo, por la revista ‘Ciencia Nueva’, vocera de amplios sectores tecnológicos y científicos y como fuera ratificado y difundido posteriormente a través de la participación democrática del personal de la CNEA. También creemos que ese logro fue posible gracias a que sus numerosos impulsores mantuvieron, a lo largo de su gestión, compromiso absoluto y claridad total en cuanto a cual

^{*} Departamento de Física Teórica, CNEA

[†] Jubilado de CNEA (1953-1988) e INVAP S. E. (1989-1992).

era el objetivo último de su quehacer.

En un próximo trabajo analizaremos las secuelas, desde la definición gubernamental hasta el presente, con la convicción de que, entre ambos escritos, se explicitará que el ‘*se puede*’ tecnológico es de relativamente larga data en nuestro país, anterior y posterior a la confrontación respecto del tipo de tecnología a utilizar en la construcción de la Central Embalse.

II. Contexto Institucional

Los tres principales protagonistas institucionales de esta descripción fueron el Poder Ejecutivo Nacional (PEN), la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y la Asociación de Profesionales de la CNEA (APCNEA).

II.a. PEN

Desde 1966 el gobierno nacional estaba ocupado por una Junta Militar inconstitucional (a razón de un miembro por cada una de las tres ramas de las fuerzas armadas) que designaban al titular del PEN³. Desde julio de 1972 estaba programado que el 25 de mayo de 1973 asumirían el gobierno quienes fueran elegidos en elecciones ‘libres, pero con restricciones en cuanto a los candidatos’, que tendrían lugar el 11 de marzo. El programa se cumplió y asumió como máxima autoridad del PEN Héctor Cámpora, en un premonitorio contexto político de “Cámpora al gobierno, Perón al poder”.

II.b. CNEA

Fue creada el 31 de mayo de 1950, durante el primer gobierno constitucional de Juan Domingo Perón. La atmósfera – y la misma vida – políticas eran de intensa confrontación (y subsiguiente discriminación) entre peronistas y anti-peronistas. No obstante ello, gracias a que Perón había designado para presidir la CNEA al Capitán de Fragata Pedro Iraolagoitia (ex-edecán suyo), éste, con miras al éxito de la institución a su cargo y consciente de que la comunidad universitaria era – en su gran mayoría – contraria a las políticas y metodologías gubernamentales, logró eximir a los profesionales universitarios (científicos de variadas disciplinas, ingenieros, geólogos, etc.) de toda discriminación política e ideológica⁴. Esto, unido al clima de libre elección de modos de investigación y desarrollo y al fuerte protagonismo profesional en la gestión de la CNEA, posibilitó su rápida consolidación como institución argentina de avanzada científica y tecnológica (ver [Mariscotti, 1987], [Marzorati, 2003], [Hurtado, 2014] y Sección III).

II.c. APCNEA⁵

Fue fundada el 18 de abril de 1968 a fin de agrupar y vincular a los profesionales de la CNEA. Uno de los objetivos de su creación fue “Contribuir [...] al constante desarrollo y concreción de todo proyecto que haga a las necesidades energéticas y técnico-científicas del país”. Si bien a mediados de 1972 la fracción de profesionales de la CNEA asociados a la APCNEA era significativa, a medida que avanzaba la campaña a favor del uranio natural, fue creciendo en forma totalmente espontánea para, a fines de 1972, rondar el 85 %, con la particularidad de

ser mayor cuanto mayor era la antigüedad en la institución de los profesionales considerados.

III. Antecedentes Científico-Tecnológicos

Desde su creación, en la CNEA se desarrollaron actividades que fueron conformando una base científica, tecnológica y productiva que permitía sustentar un programa ambicioso y autónomo en el campo de la utilización pacífica del conocimiento nuclear. Sin detrimento de otras actividades, podemos mencionar los siguientes hitos.

III.a. Desarrollo de ciencias base de la tecnología nuclear

III.a.i. Física Nuclear

La adquisición de aceleradores de partículas permitió realizar investigaciones y desarrollos tecnológicos asociados competitivos a nivel internacional.

A partir de 1953 y 1954 se contó con un acelerador Cockcroft-Walton y un sincrociclotrón capaces de producir, respectivamente, protones o deuterones con energías de 1,2 millones de electrón-voltios y deuterones de 28 millones de electrón-voltios. Estas máquinas significaron un cambio cualitativo en las condiciones en que se realizaba la investigación experimental en el país. Los técnicos y científicos argentinos participaron en la instalación de estas facilidades y posteriormente las adecuaron para un funcionamiento eficiente y adaptado a los requerimientos de la ciencia local y sus aplicaciones. Entre 1957 y 1966 se realizaron sucesivas modificaciones en el sincrociclotrón que lo mantuvo como una máquina apta para investigaciones de vanguardia en física nuclear y radioquímica. En 1966 se decuplicó la intensidad del haz de proyectiles del Cockcroft-Walton, para que funcionara como primera etapa de una moderna instalación destinada a estudiar isótopos de vidas medias muy cortas.

III. a. ii. Radioquímica

En setiembre de 1951 se incorporó a la entonces Dirección Nacional de Energía Atómica el Dr. Walter Seelmann-Eggebert, que puede ser considerado el fundador y mentor de la radioquímica argentina. Ya desde entonces fueron destacados “los estudios de los materiales radiactivos y los efectos químicos de las radiaciones” [Radicella, 2000]. Los trabajos recibieron un gran impulso con la instalación del Cockcroft-Walton y el sincrociclotrón, dado que permitieron el descubrimiento de nuevos radioisótopos y la determinación de propiedades de otros ya conocidos. Durante la década de 1950, las investigaciones en la CNEA permitieron agregar veinte nuevos isótopos a la tabla de nucleidos. Estas tareas de investigación fueron la base de la producción y aplicación de radioisótopos en el país.

Los mencionados desarrollos en física nuclear y radioquímica así como en otras ciencias básicas para la tecnología nuclear permitieron arraigar en la CNEA la idea de que era posible competir en campos de avanzada [Marzorati, 2003].

III.b. Exploración y producción de uranio

La exploración de yacimientos uraníferos fue, a través de un nutrido grupo de geólogos y técnicos, una de las primeras actividades de la CNEA y ya en 1952 se estaba produciendo concentrado de uranio a escala de planta piloto. A partir de 1964 se comenzó a producirlo a nivel industrial y, en 1970, se proveyó una partida del mismo para ser incorporada a los elementos combustibles de la primera central nuclear argentina, en Atucha.

III.c. Construcción de reactores experimentales y de producción de radioisótopos

El 17 de enero de 1958 se había puesto en funcionamiento el primer reactor nuclear experimental de Latinoamérica (RA-1), cuya construcción así como la de sus elementos combustibles se había realizado en el país, bajo las direcciones del Dr. Fidel Alsina Fuertes y Prof. Jorge Sábato, respectivamente. El 17 de mayo de 1967 se había inaugurado el reactor RA-3 con una potencia 500 veces mayor a la del RA-1⁶, destinado a la investigación y a la producción de radioisótopos para la medicina y la industria.

III.d. Desarrollo de la metalurgia nuclear

En 1955, también bajo la conducción de Jorge Sábato, se crea un área de metalurgia. Se trataba de una disciplina muy poco desarrollada en la Argentina, pero fundamental para todo país que pretendiera tener autonomía tecnológica. Se incorporó a científicos e ingenieros que aprendieron, en el país y el exterior, a dominarla desde el ‘hacerla’ con entusiasmo, calidad y dedicación insuperables. Ya en 1957 participaron en la provisión de los elementos combustibles del primer reactor, cuyo ‘know-how’ fue vendido por la CNEA en 1958 a la firma Degussa-Leybold de Alemania.

IV. Ideología Tecnológica

Los logros mencionados en la Sección III, de los que el personal de CNEA había sido en muchos casos promotor y ejecutor, fueron generando un conjunto de ideas fundamentales⁷ basadas en la inserción de la actividad nuclear en el desarrollo nacional y en la autonomía tecnológica, que se expresaban fundamentalmente en evitar la compra ‘llave en mano’. Los caminos para lograr la autonomía generaron discusiones internas basadas en las disyuntivas entre construir todo en el país⁸ o abrir los paquetes tecnológicos y fabricar localmente solamente lo que significara aportes al desarrollo nuclear y a la industria nacional⁹. A principios de la década de 1970 esta ideología, en su expresión clásica que implica un conjunto de ideas y un programa de acción, estaba profundamente arraigada entre el personal de CNEA.

V. Primera Central Nuclear

El 22 de enero de 1965 el PEN¹⁰ encomienda a la CNEA (15 años después de su fundación) el estudio de factibilidad de una central nuclear para la provisión de energía eléctrica. El estudio se realiza sin acudir a consultoras externas y se finaliza en mayo de 1966. Se analizaron reactores de uranio natural, que podía proveerse en el país y de uranio enriquecido, que debía importarse.

Se indicaba que la industria local podía participar hasta un 40% de la facturación y se proponía a Atucha, en la Provincia de Buenos Aires, como lugar para instalarlo. Tras negociaciones con varios países y empresas, el 21 de febrero de 1968 se decide la instalación por parte de la empresa alemana Siemens de una central de 313 MWe con reactor de uranio natural y agua pesada¹¹. La obra de la Central Nuclear Atucha I se inició en 1968 y se finalizó a principios de 1974¹². “Por muchos años la primera central núcleo eléctrica en Latinoamérica. Además, los técnicos argentinos tuvieron acceso a toda la ingeniería y la posibilidad de elegir libremente las partes que los proveedores locales podían realizar bajo la supervisión de la CNEA, lo que significó un salto importante en el aprendizaje, sobre todo para la industria metalmeccánica. Estos desarrollos tecnológicos y organizativos de las empresas no fueron sólo para la industria nuclear. Se derramó capacitando a estas empresas y otras, para encarar proyectos que le estaban vedados tecnológicamente antes de la construcción de Atucha” [Quilici, 2013]. El costo total fue de 105 millones de dólares y la industria local participó en un 90% de la obra civil, 50% del montaje y 13% de los suministros eléctricos.

VI. Preparativos Para La Segunda Central

En noviembre de 1967 la Empresa Provincial de Energía de Córdoba (EPEC) encomienda a la CNEA el estudio de prefactibilidad para la instalación en esa provincia de una central núcleo-eléctrica. El estudio se finaliza en 1968.

A principios 1971 el presidente de facto Roberto Levingston aprueba los planes de instalación de la central y a principios de 1972 la CNEA anuncia la construcción en Córdoba de una central nuclear de 600 MWe y 50% de industria nacional e ingeniería argentina. Además, anuncia planes de otras centrales en Bahía Blanca, Atucha y Mendoza.

VII. La Campaña

VII.a. Veloz generación y distribución de herramientas para el debate

El 26 de abril de 1972, la Comisión Directiva de la APCNEA (CD) designó una subcomisión (SC) de cuatro miembros¹³ para estudiar todo lo vinculado con los objetivos de la CNEA, con ‘facultad de auto-ampliarse’. La misma, poco después, decidió que antes de analizar la estructura de la CNEA correspondía definir sus objetivos a largo plazo, lo cual implicaba estudiar las tendencias mundiales vigentes en este campo. Todo ello, evaluando y definiendo, para cada aspecto, el papel que debería desempeñar la APCNEA. Tres meses después (17 de julio)¹⁴, se efectuó una reunión entre miembros de esta SC e integrantes de grupos de asociados a la APCNEA (mayoritariamente de los sectores de reactores y metalurgia) que estaban estudiando temas similares a los de aquélla [Repositorio—Integrantes-1] y que ya habían encarado la elaboración de los documentos básicos a favor del uso de uranio natural (documentos, de los cuales algunos ya habían sido entregados a los encargados de las áreas de ciencia y técnica de las distintas fuerzas armadas).¹⁵

Por otra parte, los profesionales reunidos decidieron unificar los dos grupos en uno, de

aproximadamente 20-25 miembros¹⁶, lo cual se complementó el 24 de julio, al formular la APCNEA un amplio llamado a sus socios para que colaboraran en fundamentar técnicamente su preferencia por elementos combustibles de uranio natural para la central a emplazarse en Córdoba, “notoria en la inmensa mayoría” de ellos.

La nueva conformación de la SC resultó crucial para la campaña a desarrollar: permitió un rápido aprovechamiento de la productiva tarea previamente realizada y proveyó a la CD de un instrumento de elevada capacidad de generación de respuestas y de difusión veloz de sus posiciones tecnológicas y políticas. Lo expresaron así los cuatro integrantes iniciales de la SC al elevar a la CD, el 9 de agosto, su opinión de que “existía un ponderable esfuerzo ya realizado por los mencionados grupos [...], sin cuyo concurso no hubiera sido posible concretar tan rápidamente [...]” [Repositorio—Boletines-1] la generación de los dos documentos centrales que acompañaban al informe y que luego la Asociación difundió profusamente: ‘Documento Base’ y ‘Anexos Técnicos’; ésta valoración de los hechos nos fue recientemente compartida por el Ing. Jorge Rossen [Rossen, 2015].

Desde su inicio, los propulsores de la campaña fueron conscientes de que su éxito dependía de que lograran llegar a la mayor porción posible de la opinión pública, a los dirigentes de la mayor cantidad posible de grupos sociales, incluyendo los gubernamentales de todo nivel e – ineludiblemente – a gran parte del espectro de lo que hoy se denomina ‘los medios’. A esta convicción se adicionaba la de que – dado el amplio contenido de tecnología relativamente avanzada inherente a la confrontación, unida a la premura de difundir el parecer de la APCNEA – sus mensajes debían (a) contener la mayor cantidad posible de información fidedigna, clara, fácilmente comprensible y fácilmente comunicable a terceros y (b) en manera alguna, subestimar la capacidad intelectual de sus destinatarios. Estos requerimientos determinaron que sus solicitadas, comunicados, conferencias y charlas de divulgación fueran relativamente densas y extensas; pero, como veremos, lograron el efecto buscado.

El significativo incremento de la cantidad de asociados a lo largo de la campaña reaseguró a la CD que estaba bien encaminada y, además, brindaba a la Asociación cierta holgura económica que le permitía una razonable velocidad de ejecución, lo cual era considerado una herramienta básica para posibilitar respuestas rápidas.

VII.b. El ‘Documento Base’ [Repositorio—Documentos-1]

El 9 de agosto los integrantes iniciales de la Subcomisión de Objetivos elevan un informe de todo lo hecho a la CD de la APCNEA. El 11 de ese mes se realizó una reunión conjunta de la CD y la SC para analizar el ‘Documento Base’, “[...], tras lo cual la primera aprobó por unanimidad su texto, [...] señalando su total coincidencia con que [...] “la decisión referente al tipo de combustible es, esencialmente, de carácter político” [Repositorio—Boletines-2]. Los conceptos centrales del documento señalan:

- Es imprescindible que [la Central Nuclear de Córdoba] no constituya [...] una decisión aislada, sino la base de una política nuclear que se inspire en los siguientes principios básicos:

- (i) manejo total del ciclo de combustible;
- (ii) consolidación de una infraestructura de ingeniería y tecnología a través de la adquisición por profesionales y técnicos argentinos del conocimiento y la capacidad necesaria para la concepción y el diseño de las futuras centrales nucleares;
- (iii) óptima y racional utilización de los recursos uraníferos;
- (iv) promoción de la actividad industrial nacional que asegure la adquisición de capacidad para la máxima realización de las futuras centrales nucleares por nuestros propios medios.

La APCNEA [concluyó que ...]

- (i) la línea más conveniente [...] es la de uranio natural como combustible;
- (ii) [para] el uranio natural, todos los procesos que debe sufrir el mineral hasta su ingreso en el reactor pueden realizarse [localmente ...], mientras que [...] el enriquecimiento debe realizarse en los EE.UU., único país del mundo que lo efectúa regularmente [...] en escala exportable;
- (iii) [para] la fabricación de elementos combustibles, la línea de uranio natural permite mantener la continuidad de los importantes avances científico-tecnológicos logrados por la CNEA [. . .], y abriría las puertas a una industria nuclear de múltiples efectos beneficiosos para nuestra economía.

Según informa el mencionado Boletín de la APCNEA en su página 6, “la impresión del documento fue concluida el día 16/8 y en los días siguientes fue distribuido a todos los socios con el título de ‘La APCNEA y la Política Nuclear Argentina’. Con fecha 22/8 se lo hizo llegar al Sr. Presidente de la CNEA y, entre esa fecha y el 6 de septiembre, la CD lo hizo entregar a autoridades nacionales y provinciales, a responsables de empresas nacionales, a autoridades de asociaciones, cámaras y federaciones, a asociaciones profesionales y a medios de difusión.” [Repositorio—Boletines-3]. La lista más o menos completa se presenta en [Ídem] e incluye 60 destinatarios. Además, miembros de la Subcomisión y de la CD y socios que no integraban a ninguna de éstas, entregaron el documento a otras personas en forma individual y/o entrevistaron a personas vinculadas a los medios de difusión radial y televisiva; en el caso de los medios de difusión, siempre se acompañó un resumen del documento.

VII.c. ‘Anexos Técnicos’ [Repositorio—Documentos-2] y [Repositorio—Integrantes-2]

Constituyen el resultado de “la capacidad técnica e idoneidad de los profesionales integrantes de la SC y sus colaboradores, con sólida competencia en diferentes áreas del saber nuclear. Estos ‘Anexos’ son “aún hoy un ejemplo de trabajo político-técnico y resultaron un compendio de la ideología mayoritariamente adoptada por los empleados de la CNEA” [Maqueda, 2009]. Los títulos de sus capítulos ilustran sobre los temas abordados:

- (iv) Recursos uraníferos argentinos.
- (v) Requerimientos de mineral de uranio para distintas estrategias de generación nucleoelectrónica posibles.
- (vi) Ciclo de combustibles para reactores de agua pesada (HWR) y agua liviana (LWR).
- (vii) Elementos combustibles.

- (viii) Reprocesamiento de combustible.
- (ix) Producción y utilización del plutonio.
- (x) Agua pesada.

Elementos del análisis de los futuros problemas de producción y abastecimiento de uranio enriquecido (crisis del uranio).

VII.d. Repercusión

Como respuesta a la intensa actividad desplegada por la APCNEA, Clarín el 27/8, El Economista el 1º/9, La Prensa, el 4/9 y Los Principios el 10/9 publicaron notas favorables a la posición de la APCNEA o simplemente reprodujeron, más o menos fielmente, el resumen anteriormente mencionado. La Nación publicó una versión del resumen en su primera edición del día 7/9, pero la suprimió en la segunda. Ese mismo día, la APCNEA publicó una primera solicitada incorporada a [Repositorio—(Solicitadas +afines)-1]. Entre los diarios, particularmente Clarín (17/9 y 1/10) continuó publicando varias notas coincidentes en lo esencial con la posición sostenida por la APCNEA, acompañado en ello por la revista Extra [Extra, 1972]. Por otra parte, durante todo el período previo a la toma de decisión del PEN respecto del tipo de uranio a emplear, comentarios radiales y televisivos favorables a ambos tipos de combustible fueron más o menos frecuentes (ver [Repositorio—Medios] y [Repositorio—(Solicitadas +afines)]). De particular interés es una publicidad a página entera efectuada en La Nación el 10/3/1973, (sólo cuatro días antes de que el gobierno militar optara por la alternativa ‘natural’), titulada “*Los sistemas de energía nuclear Westinghouse están satisfaciendo las necesidades energéticas de todo el mundo*”, la cual incluía 14 fotografías de centrales a uranio enriquecido construidas por dicha empresa (ver [Fernández, 2010] y [Repositorio—(Solicitadas +afines)-4]).

En suma, de los 75 recortes periodísticos en nuestro archivo – de ninguna manera exhaustivo – 43 (57 %) favorecen la opción ‘natural’, 7 (9,3 %) la ‘enriquecido’ y 25 (33 %) no se definen con respecto a la disyuntiva. En [Repositorio—Medios] incluimos los textos de la mayor parte de los recortes archivados, como también un listado cronológico de ellos y un extracto del contenido de algunos.

VII.e. El debate

El debate público concreto sobre el tema en discusión se inició – o, al menos, se intensificó – tempranamente, cuando socios de la APCNEA comenzaron a asistir a las conferencias que brindaba el asesor ad-hoc de una tradicional empresa argentina, representante en el país de la estadounidense Westinghouse. En sus disertaciones el orador ensalzaba la opción de elementos combustibles de uranio enriquecido, a la par que los miembros de la Asociación lo refutaban desde sus sólidos conocimientos [.....]. Pero, a lo largo del prolongado desarrollo de la confrontación, aparecieron las múltiples y muy variadas facetas de la misma. Detallar los muchos episodios que caracterizaron su evolución en un espacio como el de este escrito resulta imposible, pero una fracción importante, sí puede ser reconstruida y explicitada a partir de la documentación original reunida en nuestro [Repositorio]. Mencionamos brevemente unos

pocos episodios:

(a) Una primera interacción de la SC con funcionarios públicos: algunos de sus integrantes habían convenido con el Presidente de APCNEA encontrarse, temprano, frente al edificio Libertador a fin de conversar con asesores del Ejército sobre la cuestión de la Central Embalse. A la hora convenida lamentablemente sólo habían llegado Emma Pérez Ferreira y el presidente, ambos provenientes del sector de investigación básica de la CNEA y con escasísimos conocimientos de generación núcleo-eléctrica. A pesar de lo embarazoso de la situación, decidieron concurrir a la entrevista. Sus interlocutores resultaron estar apabullantemente más al tanto de la temática que ellos. Afortunadamente, esto nunca más se repitió: fue reemplazado por la estricta puntualidad;

(b) Las entrevistas de miembros de la SC con la mayoría de los candidatos presidenciales, que el Presidente de la APCNEA abrió asegurando al entrevistado que, si se lo excluía a él mismo, estaba en presencia de una parte de las personas que, en la Argentina, eran las que entendían a fondo la cuestión;

(c) El hecho de que algunos integrantes de la SC ampliada pertenecientes al sector de reactores recibieron presiones por parte de la autoridad respectiva destinadas a interrumpir su participación en la campaña. Años después estas intimidaciones se concretaron con la cesantía de cinco de ellos el mismo día de 1976;

(d) El viaje de tres asesores ad-hoc – uno por cada una de las armas de las FF. AA. – destinado a interiorizarse de los aspectos salientes de la confrontación, viaje que parece haber contribuido fuertemente a un cambio en las preferencias del Ejército;

(e) Las entrevistas mantenidas por el Presidente de APCNEA con el de la CNEA, en las cuales el primero destacaba su convicción de que la campaña de la APCNEA, bien usada, también podía ser utilizada para mejorar la posición negociadora argentina con proveedores de centrales a uranio enriquecido, lo cual, probablemente, haya contribuido a disminuir levemente la tensión reinante entre ambas instituciones.

No obstante esto último, el núcleo del debate fue escalando, en buena parte originado por las sucesivas postergaciones gubernamentales en adoptar una decisión. Cuando, en noviembre, se tuvo noticias de una nueva postergación la APCNEA resolvió publicar su *segunda* solicitada en el diario Clarín. El domingo 26 de ese mes se iniciaron las discusiones sobre su texto y sobre la instrumentación de su veloz pago; tres días después (a la mañana) se publicó la solicitada [Repositorio—(Solicitadas +afines)-2].

Como hemos afirmado previamente “[...] no hubo, ni antes ni después, un tema de alto contenido técnico que atrajera y comprometiera de esa manera a la opinión pública” [Maqueda, 2009]. En palabras de un observador independiente “Little public discussion had attended the Atucha I decision, when ministerial councils considered CNEA recommendations confidentially. This was not so for the second reactor decision, as debate erupted over the choice between reactor types, involving the universities, utilities, newspapers, television

commentators, and even the ‘man in the street.’” [Poneman, 1982].

VIII. La decisión

El 14 de marzo de 1973, tres días después de las elecciones que consagraron la fórmula que a partir del siguiente 25 de mayo restauraría el orden democrático, reemplazando a la Junta Militar, ésta resolvió que *“el uranio natural es el que más se ajusta a la conveniencia nacional”*, conforme a la opción promovida por los profesionales de la CNEA. La APCNEA expresa su júbilo, reconoce los apoyos recibidos y resalta el reto que la decisión adoptada implica para la capacidad tecnológica y científica y la responsabilidad adquirida por los profesionales de la CNEA [Repositorio—(Solicitudes +afines)-3].

IX. A modo de cierre

Consideramos que para el éxito en esta batalla fue fundamental la unidad axiológica¹⁷ demostrada por los profesionales y técnicos de la CNEA en la unánime defensa de los valores conducentes a la autonomía tecnológica. El 31 de mayo de 1973, en ocasión de la renovación de la CD de la APCNEA, lo resaltaba el presidente saliente, uno de los autores de este trabajo, “... es una satisfacción` [...] señalar que esta CD cree haber contado – como ninguna anterior – con el apoyo múltiple de numerosos asociados. Sin él, hubiese sido imposible para la APCNEA desempeñar el relevante rol que tuvo en la cuestión del tipo de combustible. [...] la tan debatida y quizá concluida cuestión del combustible nuclear brindó un ejemplo significativo: los grupos de trabajo se integraron con socios de diversas posiciones partidistas e ideológicas, todos animados de un profundo sentido nacional; el motor se llamó ‘nacional’. Conviene no engañarse: la cuestión del combustible fue – con todo – una fácil, relativamente simple. Vendrán otras de la misma índole o de índole más compleja. Será ese el momento de recordar que en la unidad de los profesionales de la CNEA alrededor de un objetivo netamente nacional ha estado su fuerza” [Repositorio—Documentos-3].

En un análisis final la APCNEA decía “[...] las controversias a lo largo de los siete u ocho últimos meses no fueron, ciertamente, episodios de una competencia deportiva, sino de un proceso de afirmación argentina [...]. Bien valdría la pena escribir su historia: no es frecuente que los pequeños consigan perturbar el juego de los grandes. Se ha ganado una batalla, pero no la guerra.” [Repositorio—Boletines-4].

Agradecimientos

Expresamos nuestro profundo agradecimiento a Norma Badino por la continuada y valiosa tarea realizada con relación a la organización del ‘Repositorio’, como también por su criteriosa primera lectura de este trabajo. También agradecemos — por su buena disposición en contribuir al mismo mediante sus evocaciones de tiempos pasados — a los Ingenieros Carlos Aráoz, Roberto Cirimello y Jorge S. Rossen, con quienes mantuvimos extensas charlas fructíferas.

Bibliografía

- [Extra, 1972] Revista Extra NO 187; 19-25//9, 1972.
- [Fernández, 2010] Fernández J. R. , Importación de tecnologías capital-intensivas en contextos periféricos: el caso de Atucha I (1964-1974), *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 6 (16) pp 9-37.
- [Hurtado, 2014] Hurtado Diego, El sueño de la Argentina atómica, Política, tecnología nuclear y desarrollo nacional (1945-2006), Buenos Aires, Edhasa.
- [Maqueda, 2009] Maqueda Ernesto, Contribución al ‘Panel 3: Ciencia y Tecnología en la actividad Nuclear’, en Seminario Ruptura y reconstrucción de la ciencia argentina; Programa R@ices, Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, 2 y 3 de agosto de 2007, p. 66; Buenos Aires, (<http://www.mincyt.gov.ar/publicaciones> (Libros)).
- [Mariscotti, 1987] Mariscotti Mario, El secreto atómico de Huemul. Crónica del origen de la energía atómica en la Argentina, Buenos Aires, Editorial Sudamericana, Planeta.
- [Marzorati, 2003] Marzorati Zulema, Plantear utopías. La formación de la comunidad científica: CNEA (1950-1955), *Cuadernos de Antropología Social* 18, pp. 123-140, © FFyL - UBA - ISSN: 0327-3776 (www.scielo.org.ar/pdf/cas/n18/n18a09.pdf)
- [Olivé, 2004] Olivé, León, Normas y valores en la ciencia bajo un enfoque naturalizado, *Revista de Filosofía*, Vol. 29, No2, México
- [Poneman, 1982] Poneman Daniel, *Nuclear Power in the Developing World*; London: Allen and Unwin, p. 75.
- [Quilici, 2013] Quilici Domingo, Ciencia Argentina en la Vidriera, (<http://www.cienciaenlavidriera.com.ar/2013/11/01/quilici-domingo-invitado-del-mes-noviembre-2013/>).
- [Radicella, 2000] Radicella Renato, La Química Nuclear Argentina en la Década del Cincuenta y el Descubrimiento de Nuevos Radioisótopos, *Ciencia e Investigación*, Vol. 68, Marzo de 2000.
- [Repositorio] Repositorio de documentos (<https://uranionaturalvsenriquecido.wordpress.com/>)
- [Roederer, 2002] Roederer Juan G., Las primeras investigaciones de radiación cósmica en la Argentina (1949-1959), *Ciencia Hoy*, Vol.12, No.71, p.38.
- [Rossen, 2015] Rossen Jorge S., Comunicación personal, junio 2015.

Notas

1. Como presidentes de facto fueron designados Juan Carlos Onganía (1966-1970), Roberto Marcelo Levingston (1970-1971) y Alejandro Agustín Lanusse (1971-1973).
2. "..., gracias a una política astuta de sus autoridades desde su misma creación en mayo de 1950,

la CNEA cerraba los ojos a la orientación política de sus científicos, hasta el punto de brindar ‘asilo científico’ a algunos investigadores que habían sido expulsados de universidades y otras instituciones gubernamentales por su oposición al régimen peronista” [Roederer, 2002].

3. Actualmente APCNEAN e incluye a profesionales de la CNEA, ARN (Autoridad Regulatoria Nuclear), NASA (Nucleoeléctrica Argentina S. A.) y otros organismos cuya actividad esté relacionada directamente con la energía atómica y la tecnología nuclear.

4. Cinco MW vs. diez kW.

5. Lo que en este trabajo denominamos ‘ideología tecnológica’ otros autores la llaman “ideología institucional” [Fernández, 2010] o “cultura nuclear” [Hurtado, 2014].

6. A esta opción se la solía denominar “construcción de un reactor azul y blanco”.

7. En [Fernández, 2010] se informa sobre las tensiones producidas en CNEA por la discusión entre las dos alternativas y quiénes las propiciaban.

8. Ejercido por el presidente constitucional Arturo Umberto Illia.

9. Para un detalle de la toma de decisión referente a la primer central ver [Fernández, 2010].

10. La Ley 26937 del 14 de mayo de 2014 denominó “Presidente Juan Domingo Perón” a la Central Nuclear Atucha I.

11. Alberto Bonfiglioli, Emma Pérez Ferreira, Renato Radicella y Julio Rossi .

12. De aquí en adelante, para los **acontecimientos** ocurridos durante 1972-73, a efectos de resaltar el, en general, elevado ritmo con que se desarrollaban, hemos suprimido la indicación del año.

13. Uno de los autores del presente escrito tuvo la satisfacción de acompañar a J. Rossen (coordinador de uno de los grupos mencionados) y J. Rossi. en la entrega al Capitán Castro Madero en Marina y al Mayor Ventura en Aeronáutica, quienes apoyaron los planteos y propuestas presentados.

14. Los miembros de la SC ampliada tenían todos menos de 40 años con la excepción de Emma Pérez Ferreira (47 años).

15. En este sentido, el accionar de la APCNEA constituye una excelente ilustración de la posición del filósofo mexicano León Olivé, cuando sostiene que toda comunidad científica, para constituirse en *productiva*, requiere que sus integrantes compartan una misma axiología. [Olivé, 2004].

La tabla periódica como estrategia para la codificación de la información química

*Juan Camilo Martínez González**, *Martín Labarca*†, *Alfio Ariel Zambón*‡

Introducción

A lo largo de la historia de la química se propusieron varias clasificaciones para poder codificar el conocimiento acumulado. A finales del siglo XVIII Lavoisier clasificó en cuatro grupos los treinta y tres cuerpos simples que se conocían en la época. Con el descubrimiento de la electroquímica y otras metodologías a principios del siglo XIX, se descubrieron 24 elementos químicos y se clarificó la naturaleza elemental de otras sustancias. En pocas décadas, la investigación en química engendró una enorme cantidad de información, cuya sistematización para mediados de siglo significaba un problema de difícil solución.

A partir de 1860 Bunsen y Kirchoff desarrollaron la espectroscopia, con la que se logró identificar varios elementos en pocos años. Esta “multiplicación” de elementos, junto al conocimiento de una gran cantidad de nuevas reacciones, fue un fenómeno fundamental en la química de la época, e implicó el enorme desafío de catalogar, sistematizar y ordenar un flujo exponencialmente creciente de información. En esa década varios autores afrontaron dicho desafío, y surgieron así las primeras formulaciones de tablas periódicas.

En este trabajo presentaremos un recorrido histórico por las principales clasificaciones propuestas para ordenar y diferenciar a los elementos químicos, entre fines del siglo XVII y principios del siglo XX. Mostraremos como la tabla periódica permitió y permite organizar toda la información química acumulada acerca de los elementos hasta el día de hoy. Finalmente, expondremos algunos de los problemas epistemológicos que se debaten en la actualidad.

1. Las primeras clasificaciones

Las primeras clasificaciones organizaban los cuerpos químicos en dos grandes grupos de propiedades antagónicas: ácidos y bases, metales y no metales, etc. Luego se avanzó hacia sistemas más refinados y complejos. La primera clasificación dualista surgió en la antigua China durante el siglo IV a. C. (Esteban Santos, 2009). La filosofía taoísta consideraba que el universo estaba regido por dos principios esencialmente contrarios: el *yin* y el *yang*. En la edad media se hicieron clasificaciones de los productos químicos diferenciándolos en varias categorías y no solamente en dos; por ejemplo, el alquimista árabe Al-Razi (865-925) propuso una clasificación de los cuerpos minerales en seis grupos. En general, las clasificaciones alquímicas se remitían a

* Universidad Nacional Tres de Febrero

† Universidad Nacional de Quilmes / CONICET

‡ Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco / CONICET

las pruebas a las que podían ser sometidos los cuerpos, o a los procedimientos que se les podían llegar a aplicar (Bensaude-Vincent y Stengers, 1997).

La clasificación más influyente durante el siglo XVIII fue la propuesta por Antoine-Laurent de Lavoisier, quien expuso la primera tabla de elementos o cuerpos simples (Figura 1). En la misma, incluyó 33 sustancias divididas en 4 grupos, según los tipos de compuestos que podían formar. Tales sustancias o cuerpos simples surgían como consecuencia de las interpretaciones realizadas acerca de la naturaleza reactiva, mediante análisis químicos. Los elementos eran, según Lavoisier, los residuos finales del análisis químico.

	Noms nouveaux.	Noms anciens correspondans.
<i>Substances simples qui appartiennent aux trois végétaux - et qu'on peut regarder comme les élémens des corps.</i>	Lumière	Lumière.
	Calorique	Chaleur. Principe de la chaleur. Fluide igné. Feu.
	Oxygène	Matière du feu & de la chaleur. Air déphlogistiqué. Air empiréal. Air vital.
	Azote	Base de l'air vital. Gaz phlogistiqué. Mofète.
	Hydrogène	Base de la mofète. Gaz inflammable. Base du gaz inflammable.
<i>Substances simples non métalliques oxidables & acidifiables.</i>	Soufre	Soufre.
	Phosphore	Phosphore.
	Carbone	Charbon pur.
	Radical muriatique	Inconnu.
	Radical fluorique	Inconnu.
	Radical boracique	Inconnu.
	Antimoine	Antimoine.
<i>Substances simples métalliques oxidables & acidifiables.</i>	Argent	Argent.
	Arfenic	Arfenic.
	Bismuth	Bismuth.
	Cobalt	Cobalt.
	Cuivre	Cuivre.
	Etain	Etain.
	Fer	Fer.
	Manganèse	Manganèse.
	Mercure	Mercure.
	Molybdène	Molybdène.
<i>Substances simples salifiables terrestres.</i>	Nickel	Nickel.
	Or	Or.
	Platine	Platine.
	Plomb	Plomb.
	Tungstène	Tungstène.
	Zinc	Zinc.
	Chaux	Terre calcaire, chaux.
	Magnésie	Magnésie, base du fel d'epfom.
	Baryte	Barote, terre pesante.
	Alumine	Argile, terre de l'alun, base de l'alun.
Silice	Terre siliceuse, terre vitrifiable.	

Fig. 1. Tabla de Lavoisier (1787)

2. El descubrimiento de la electricidad química

A fines del siglo XVIII, científicos como Luigi Galvani o Alessandro Volta estudiaron las manifestaciones de una nueva forma de energía que influirá significativamente en la investigación química. A partir de la pila de Volta, el químico inglés Willam Nicholson realizó una serie de experimentos, donde mostró por primera vez la obtención de una reacción química a partir de la corriente eléctrica, y dio origen a la electroquímica. Su desarrollo fue fundamental, tanto

para el descubrimiento de nuevos elementos, como para el desarrollo teórico de la disciplina a partir del siglo XIX (Aragón de la Cruz, 2009).

Entre los primeros investigadores que trabajaron con esta técnica se destacó Humphry Davy, quien realizó numerosos experimentos de significativa importancia, tanto por sus aspectos teóricos como prácticos. Uno de los principales puntos de la labor científica de Davy consistió en determinar qué sustancias debían considerarse elementos. Con la construcción de baterías más potentes y el uso de electrolitos fundidos en lugar de soluciones, Davy confirmó que la sosa y la potasa no eran elementos sino compuestos, al lograr aislar el sodio y el potasio de sus sales fundidas en 1807. En los años siguientes demostró que las tierras alcalinas descritas por Lavoisier tampoco eran elementos, sino compuestos, y aisló los elementos calcio, estroncio y bario mediante técnicas electrolíticas. En 1810 experimentó con el ácido muriático, mediante el análisis electrolítico, como resultado del cual refutó la conjetura de que éste tenía oxígeno al no poder obtener este elemento mediante ensayos de descomposición en variadas condiciones. Al producto obtenido lo llamó cloro¹, por su color amarillo-verdoso tomando la palabra del término griego *khoros*. Luego, mediante técnicas análogas consiguió aislar el yodo y el bromo. De esta manera, Davy permitió identificar y aislar los elementos de tres de los grupos, que décadas más tarde serían los pilares del sistema periódico².

Otro aporte relevante al campo de la electroquímica fue el trabajo del químico sueco Jacob Berzelius, quien desarrolló la teoría eléctrica de la combinación química. Berzelius caracterizó cada cuerpo simple y cada compuesto por una polaridad eléctrica positiva o negativa, cuya intensidad variaba según la naturaleza del cuerpo (Bensaude-Vincent y Stengers, 1997). Mediante el desarrollo del análisis electrolítico, Berzelius descubrió varios elementos químicos entre 1801 y 1828: cerio, silicio, circonio y torio. Estos descubrimientos, juntos a los realizados por Davy en la misma época, implicaron una abrupta multiplicación del conocimiento químico, quedando de manifiesto así la necesidad de encontrar un criterio de orden que permitiera manejar un flujo de información creciente.

3. El peso atómico como criterio de orden

El primero que empleó el peso atómico para relacionar y ordenar algunos elementos fue el químico alemán Johann Döbereiner. En 1816, mientras trabajaba con minerales de estroncio, se dio cuenta que el peso atómico aceptado para el estroncio (entonces 50), era la media aritmética de los pesos atómicos aceptados para el calcio (27,5) y el bario (72,5). Los tres elementos, a los que denominó “triada”, presentaban además características químicas bastante similares. Este descubrimiento tuvo una gran importancia porque fue el primer indicio de una regularidad numérica en la relación entre la naturaleza y las propiedades de los elementos (Scerri, 2008). Posteriormente, Döbereiner encontró otras tres triadas (cloro, bromo, yodo; litio, sodio, potasio y azufre, selenio, telurio) y si bien no intentó relacionar de alguna manera las distintas triadas entre sí, de haberlo hecho, es posible que hubiera descubierto la periodicidad entre ellos varias décadas antes (Scerri, 2007).

Durante las primeras décadas del siglo XIX, varios químicos buscaron agrupar los elementos químicos basándose en sus pesos atómicos, entre ellos Leopold Gmelin quien presentó en 1843 una representación que agrupaba 55 elementos, descubrió nuevas tríadas y las conectó entre sí (Figura 2).

		O		N		H				
F	Cl	Br	I				Li	Na	K	
	S	Se	Te				Mg	Ca	Sr	Ba
	P	As	Sb				Be	Ce	La	
	C	B	Bi				Zr	Th	Al	
	Ti	Ta	W		Sn	Cd	Zn			
	Mo	V	Cr	U	Mn	Ni	Fe			
		Bi	Pb	Ag	Hg	Cu				
	Os	Ir	Rh	Pt	Pd	Au				

Fig. 2. La tabla de elementos de Gmelin

El sistema de Gmelin no puede considerarse como un sistema periódico, ya que no muestra la repetición armónica de las propiedades de los elementos (Scerri, 2007). Éste autor utilizó su sistema de elementos para organizar la información química en un libro de texto, siendo probablemente la primera vez que se empleó esta estrategia, habitual en nuestros días (Scerri, 2011).

Otro autor que utilizó el peso atómico para ordenar los elementos fue Peter Kremers, quien observó una regularidad en los pesos atómicos de un reducido número de elementos entre 1852 y 1856, a partir de las cuales propuso una representación con formato de tabla. Kremers fue el primero en proponer una dimensión horizontal que contenía elementos disímiles en una secuencia ordenada, anticipándose de alguna manera a la arquitectura de las tablas periódicas modernas (Scerri, 2011). Finalmente, Max Pettenkofer publicó en 1850 un influyente artículo acerca de las relaciones entre los elementos químicos y sus pesos atómicos. Éste autor, a diferencia de sus predecesores, no centró su trabajo en la idea de tríada, a la que le otorgaba el estatus de una mera casualidad (Scerri, 2007). Pettenkofer observó la existencia de diferencias constantes entre los pesos equivalentes de varias series de elementos químicamente similares con otras (van Spronsen, 1969). De esa forma, presentó una tabla donde, por ejemplo, la diferencia entre los metales alcalinos y el grupo del oxígeno era de ocho (Figura 3). El aporte de Pettenkofer al sistema periódico fue significativo, ya que expandió la idea de un orden matemático subyacente, sugerida como vimos por Döbereiner, a varias familias de elementos.

element	eq. w.		difference
	hyp.	det	
{ Li	7	6.51	0.49
	Na	22.97	0.03
	K	39.11	0.11
{ Mg	12	12.07	0.07
	Ca	20.00	0.00
	Sr	43.92	0.08
	Ba	68.54	0.54
{ Cr	26	26.00-26.30	0.00
	Mo	46	0.00
	W	?	?
{ O	8	8	0.00
	S	16	0.00
	Se	39.62	0.38
	Te	64	64.14
{ C	6	6	0.00
	N	14	0.00
{ Hg	100	100	0.00
	Ag	108	0.00
{ C	6	6	0.00
	B	11	0.00
	Si	21	21.34

Fig. 3. Clasificación de Pettenkofer (1850)

4. El descubrimiento de la espectroscopia

Durante la primera mitad del siglo XIX, las metodologías empleadas para el descubrimiento de nuevos elementos eran básicamente tres: análisis químicos ordinarios, descomposición electrolítica y utilización del potasio para reacciones de desplazamiento. Estos tres procedimientos se llevaron hasta el límite de sus posibilidades técnicas, de modo que durante la década de 1850, ningún elemento fue descubierto mediante esas estrategias. En 1860 los químicos alemanes Robert Bunsen y Gustav Kirchoff diseñaron el espectroscopio. Éste instrumento se basaba en el fenómeno observado por Fraunhofer en 1814, quien al hacer pasar luz a través de un prisma³ observó que se producía un “espectro” consistente en un gran número de líneas negras sobre un fondo coloreado, que eran características de la luz solar, y designó a esas líneas con letras desde la A, hasta la H (esta designación se mantiene hasta la actualidad). El uso del espectroscopio permitió a los químicos de fines del siglo XIX detectar sustancias que se encontraban en cantidades demasiado pequeñas para ser analizadas con procedimientos químicos tradicionales. Los primeros elementos descubiertos mediante esta técnica fueron el rubidio, el cesio, el talio y el indio, todos ellos identificados en la década de 1860.

5. La multiplicación de información química

La investigación química durante el siglo XIX fue amplia y fructífera. Gracias a las nuevas técnicas de análisis, como a las novedosas técnicas instrumentales de síntesis, fue posible encontrar una gran cantidad de nuevos elementos en las primeras décadas del siglo (Figura 4). Esta multiplicación de información química trajo aparejado el inconveniente de encontrar una adecuada presentación de la misma. La pregunta ¿cómo presentar a los estudiantes el conjunto de los conocimientos acumulados acerca de miles de sustancias? se volvió acuciante. La solución más obvia desde los tiempos de Lavoisier consistía en relacionar las propiedades de los cuerpos compuestos con la de los cuerpos simples (Bensaude-Vincent, 1989) y resultaba claro que la tabla de los 33 “elementos” de Lavoisier no era la indicada para resolver ese problema. La vertiginosa “multiplicación” de los elementos y demás sustancias fue un rasgo característico del siglo XIX en la larga historia de la química. En las primeras décadas del siglo XIX se descubrieron 24 elementos y considerando que desde tiempos inmemoriales se conocían tan sólo unos pocos, muestra la acelerada proliferación de la información que se debía articular. Resultaba claro, así, que la búsqueda de una presentación racional de la información química disponible era una necesidad ineludible.

Antes de 1700	1700-1799	1800-1849	1850-1899
Antimonio	Nitrógeno	Aluminio	Actinio
Plata	Berilio	Bario	Argón
Arsénico	Bismuto	Boro	Cesio
Cobre	Cloro	Bromo	Disprobio
Estaño	Cromo	Cadmio	Gadolinio
Hierro	Cobalto	Calcio	Galio
Mercurio	Flúor	Cerio	Germanio
Oro	Hidrógeno	Erbio	Helio
Fósforo	Manganeso	Iodo	Holmio
Plomo	Molibdeno	Lantano	Indio
Azufre	Níquel	Iridio	Criptón
	Oxígeno	Litio	Neodimio
	Platino	Magnesio	Neón
	Estroncio	Niobio	Praseodimio
	Telurio	Osmio	Radio
	Titanio	Paladio	Rodio
	Tungsteno	Potasio	Rutenio
	Uranio	Rubidio	Samario
	Ítrio	Selenio	Escandio
	Cinc	Silicio	Talio
	Circonio	Tantalio	Tulio
		Torio	Xenón
		Vanadio	Iterbio

Fig. 4. Cronología del descubrimiento de los elementos químicos

En ese sentido, la mayoría de los químicos adoptó la división entre metales y metaloides, pero el orden que siguieron dentro de estas dos grandes categorías no era único. El equilibrio entre las exigencias teóricas y didácticas logrado por Lavoisier se fue rompiendo (Bensaude-Vincent, 1998). A medida que la química progresaba, el ideal de una presentación racional y lógica se desvanecía. El rápido progreso de la química orgánica a partir de la década de 1840, añadió al problema de la población elemental, una multitud de nuevos compuestos que debían ser clasificados, para poder transmitir de alguna manera los conocimientos químicos.

5. Los precursores del sistema periódico

El geólogo francés Alexandre Béguyer de Chancourtois publicó en 1862 un artículo en el que representaba los elementos conocidos, y donde se los ordenaba según pesos atómicos crecientes. De acuerdo con Scerri (2007), fue de Chancourtois quien realmente descubrió la periodicidad química. Para ordenar los elementos, este autor partió de la consideración de que el peso atómico aceptado del oxígeno era 16, luego dividió la circunferencia del cilindro en 16 secciones, de manera que aparecieran en la superficie del cilindro 16 líneas imaginarias, equidistantes y paralelas. Mediante esta estrategia los elementos que diferían entre sí aproximadamente 16 unidades (o múltiplos de 16), se encontraban alrededor de la misma línea vertical. A esta representación la denominó “hélice telúrica”, ya que el elemento telurio estaba situado en el centro de la misma (Mazurs, 1974).

Los trabajos de John Newlands fueron también relevantes. En 1864 inició la publicación de una serie de artículos en *Chemical News*, en los que desarrolló las ideas que lo llevarían a formular la llamada “ley de las octavas” (Scerri, 2011). Al principio utilizó pesos equivalentes, luego pesos atómicos de dos volúmenes. A Newlands le llamó la atención el hecho de que al disponer los elementos según un orden creciente de peso, cada octavo elemento estaba relacionado en algún sentido análogo al primero del grupo (Brock, 1998). En el primero de sus trabajos publicó una tabla de 24 elementos, subdivididos en cinco grupos. Esta clasificación estaba basada en la repetición de las propiedades de sus propiedades en intervalos regulares. Newlands ordenó los elementos mediante la asignación de un número de orden según los pesos atómicos crecientes, anticipándose en cierto modo a la noción de número atómico (Esteban Santos, 2009). Mediante esta estrategia, su representación gráfica desvelaba el carácter repetitivo de las propiedades de los elementos cada ocho unidades. Los elementos eran en algún sentido múltiplos de ocho, al igual que la octava nota de la escala musical.

En la misma década, William Odling clasificó los elementos situándolos en “grupos naturales”, para lo que partió de la comparación de propiedades como el calor atómico, el volumen atómico, las características acido-base y el isomorfismo; de esta forma logró agrupar 45 elementos (Figura 5) (van Spronsen, 1969).

Grupo	Elementos constituyentes
1	F, Cl, Br, I
2	O, S, Se, Te

se acercaba desde diversos ángulos a lo que hoy conocemos como “sistema periódico”. Pero dos químicos fueron los artífices más trascendentales hacia la clasificación periódica de los elementos: Julius Lothar Meyer y Dmitri Mendeleev. Ambos descubrieron las propiedades periódicas de los elementos de manera simultánea e independiente (Scerri, 2007). Meyer, siendo un joven químico, asistió al Congreso de Karlsruhe -al igual que Mendeleev-, donde tomó contacto con las ideas de Cannizzaro. Influenciado por ellas, presentó en 1862 una tabla de 28 elementos ordenados horizontalmente según su valencia. Aquellos elementos que presentaban entonces igual número de valencia aparecían en la misma columna (Figura 7). El enfoque adoptado por Meyer era el de un químico-físico, de manera que en lugar de centrarse en la reactividad o en las propiedades químicas, enfatizó la importancia de codificar la información acerca de magnitudes como el volumen atómico, la densidad o el punto de fusión de los elementos (Scerri, 2011).

	4 werthig	3 werthig	2 werthig	1 werthig	1 werthig	2 werthig
	--	--	--	--	Li = 7.03	(Be = 9.3?)
Differenz =	--	--	--	--	16.02	(14.7)
	C = 12.0	N = 14.04	O = 16.00	Fl = 19.0	Na = 23.05	Mg = 24.0
Differenz =	16.5	16.96	16.07	16.46	16.08	16.0
	Si = 28.5	P = 31.0	S = 32.07	Cl = 35.46	K = 39.13	Ca = 40.0
Differenz =	$\frac{89.1}{2} = 44.55$	44.0	46.7	44.51	46.3	47.6
	--	As = 75.0	Se = 78.8	Br = 79.97	Rb = 85.4	Sr = 87.6
Differenz =	$\frac{89.1}{2} = 44.55$	45.6	49.5	46.8	47.6	49.5
	Sn = 117.6	Sb = 120.6	Te = 128.3	I = 126.8	Cs = 133.0	Ba = 137.1
Differenz =	89.4 = 2 x 44.7	87.4 = 2 x 43.7	--	--	(71 = 2 x 35.5)	--
	Pb = 207.0	Bi = 208.0	--	--	(Tl = 204?)	--

Fig.7. Tabla periódica de Meyer (1862)

En 1868 propuso otra tabla periódica con el peso atómico como criterio de orden. Esta nueva tabla tenía 55 elementos ordenados verticalmente en 15 columnas (Figura 8), quedando clasificados en familias ubicadas horizontalmente.

MEYER'S TABLE OF 1868.

1	2	3 Al=27.3 Mg=14.8	4 Al=27.3	5	6	7	8 C=12.00 16.5 Si=28.5 Mn=55.1 Fe=56.0 Co=58.7 Ni=58.7 Cu=63.5 Zn=65.0 Ag=107.9 Cd=111.9 Hg=200.2
Cr=52.6	Mn=55.1 49.2 Ru=104.3 92.8=2.46.4 Pt=197.1	Fe=56.0 48.9 Rh=103.4 92.8=2.46.4 Ir=197.1	Co=58.7 47.8 Pd=106.0 93=2.465 Os=199.	Ni=58.7	Cu=63.5 44.4 Ag=107.9 88.8=2.44.4 Au=196.7	Zn=65.0 46.9 Cd=111.9 88.3=2.44.5 Hg=200.2	Cr=52.6 16.5 Si=28.5 Mn=55.1 Fe=56.0 Co=58.7 Ni=58.7 Cu=63.5 Zn=65.0 Ag=107.9 Cd=111.9 Hg=200.2
9	10	11	12	13	14	15	
N=14.4 16.96 P=31.0 44.0 As=75.0 45.6 Sb=120.6 87.4=2.43.7 Bi=208.0	O=16.00 16.07 S=32.07 46.7 Se=78.8 49.5 Te=128.3	F=19.0 16.46 Cl=35.46 44.5 Br=79.9 46.8 I=126.8	Li=7.03 16.02 Na=23.05 16.08 K=39.13 46.3 Rb=85.4 47.6 Cs=133.0 71=2.35.5 Te=204.0	Be=9.3 14.7 Mg=24.0 16.0 Ca=40.0 46.3 Sr=87.6 49.5 Ba=137.1	Ti=48 42.0 Zr=90.0 47.6 Ta=137.6	Mo=92.0 45.0 Vd=137.0 47.0 W=184.0	

Fig. 8. Tabla periódica de Meyer (1868)

Mendeleev, por su parte, llevaba más de diez años pensando en los elementos, los pesos atómicos, y la mejor manera de clasificarlos y parece ser que el momento clave fue el 17 febrero de 1869. Ese día canceló un viaje que tenía concertado para visitar una fábrica de quesos, donde se desempeñaba como consultor, y decidió trabajar en lo que sería su más famosa idea original: la tabla periódica. Hacia la tarde de ese mismo día, Mendeleev había dibujado una tabla periódica completa con los 63 elementos conocidos (Figura 8). Dejó además varios casilleros en blanco destinados a elementos aún desconocidos, e inclusive indicó los pesos atómicos predichos para algunos de ellos (Scerri, 2007).

				Ti=50	Zr=90	?=180
				V=51	Nb=94	Ta=182
				Cr=52	Mo=96	W=186
				Mn=55	Rh=101.4	Pt=197.4
				Fe=56	Ru=104.4	Ir=198
				Ni=59	Pd=106.6	Os=199
				Cu=63.4	Ag=108	Hg=200
H=1				Zn=65.2	Cd=112	
	Be=9.4	Mg=24		?=68	U=116	Au=197?
	B=11	Al=27.4		?=70	Sn=118	
	C=12	Si=28		As=75	Sb=122	Bi=210?
	N=14	P=31		Sc=79.4	Te=128?	
	O=16	S=32		Br=80	J=127	
	F=19	Cl=35.5		Rb=85.4	Cs=133	Th=204
Li=7	Na=23	K=39		Sr=87.6	Ba=137	Pb=207
		Ca=40		?=45	Ce=92	
		?=45		La=94		
		Y=56		Di=95		
		Yt=60		Th=118?		
		Zn=75.6				

Fig.8. Primera tabla publicada por Mendeleev (1869).

Las propuestas de Meyer y Mendeleev, además de la búsqueda de una ley que permitiera dar cuenta de la manera como se organizan los elementos químicos, coincidieron en la reflexividad que ambos tenían en cuanto a la manera de enseñar las propiedades y características de cada uno de los elementos. Este aspecto les permitió elaborar dos textos, *Las Teorías Modernas en Química* en 1864 y *Principios de Química* en 1869, respectivamente, donde expusieron algunos principios explicativos y predictivos con relación a la ley que daba cuenta de la organización de los elementos químicos, denominada por Mendeleev como “ley periódica” en 1889, la cual logró finalmente sistematizar el conocimiento químico.

Si bien las tablas periódicas de Mendeleev y Meyer poseían una gran similitud, el enfoque científico de ambos autores difería de manera considerable. Mendeleev, a diferencia de Meyer, no creía en la unidad de toda la materia propugnada por la hipótesis de Prout y se distanció de la idea de tríadas de elementos (Scerri, 2011). Como fue señalado, Meyer se concentró fundamentalmente en las propiedades físicas de los elementos, y en cambio Mendeleev enfocó su trabajo desde una óptica fundamentalmente química.

Aunque Mendeleev concibió su sistema periódico basado en el orden creciente de los pesos atómicos, también tuvo en cuenta las similitudes de las propiedades químicas. Esto quedó claro en la manera de ordenar al telurio y al yodo (que aparecieron de manera inversa al que les correspondía según pesos atómicos crecientes). Mendeleev cuestionó la fiabilidad de los datos de pesos atómicos asignados a tales elementos, e incluso solicitó realizar nuevas determinaciones para corregir posibles errores (*cf.* van Spronsen, 1969; Scerri, 2007).

6. La estructura atómica

Desde fines del siglo XIX se desarrollaron un conjunto de investigaciones en física y química que tuvieron como consecuencia un cambio radical del conocimiento de los elementos y la materia. Con el descubrimiento del electrón por parte de J. J. Thomson en 1897, se puso en duda la indivisibilidad de los átomos, y poco tiempo después se descubrirían otras partículas subatómicas. Estos trabajos, junto al descubrimiento de los rayos X por Wilhelm Roentgen, contribuyeron a ayudar a darle un sustento empírico a la existencia de los átomos, pero mostraron también la existencia de una estructura atómica integrada; los átomos no eran ya indivisibles. El triunfo de la teoría atómica fue a costa de una derrota semántica (Bensaude-Vincent y Stengers, 1997). El descubrimiento de la radiactividad, el cual inició un nuevo programa de investigación a partir de 1896, condujo entre otras cosas al descubrimiento de nuevos elementos químicos como el radio y el polonio, por parte de Marie Curie. El descubrimiento de nuevos elementos radioactivos y el estudio de las relaciones, permitió concluir que los átomos de algunos elementos podían transformarse en átomos de otros elementos, lo cual dio lugar a un conjunto de series o familias de desintegración. El estudio de estas series permitió concluir que la emisión de una partícula alfa por parte de un átomo lo convertía al átomo del elemento ubicado lugares atrás en la tabla periódica, y la emisión de una partícula beta convertía a un átomo en el siguiente elemento de la tabla periódica (Solís y Selles, 2004).

Asimismo, en 1913 el físico británico Henry Moseley, continuando los trabajos de Anton van den Broek, confirmó experimentalmente que el **número atómico** era un mejor criterio de ordenamiento que el peso atómico (Scerri, 2007). El hallazgo de Moseley fue relevante, además, porque permitió determinar con exactitud el número de elementos que aún quedaba por descubrir en el rango de los de origen natural, es decir, entre el hidrógeno y el uranio. Del mismo modo, permitió desarrollar una argumentación sustentable a la posición de varios elementos “problemáticos” en la tabla periódica, en particular, las denominadas “inversiones de parejas”, esto es, pares de elementos que siguiendo el criterio de orden del peso atómico quedaban desfasados (cobalto-níquel, telurio-iodo, argón-potasio).

7. El fenómeno de la isotopía, la estructura electrónica y la mecánica cuántica

Los vertiginosos cambios producidos en la primera década del siglo XX acerca de la naturaleza de la materia, implicaron una profunda revisión del conocimiento científico y de sus concepciones filosóficas. Tras el descubrimiento de los isótopos en la década de 1910, fue imposible considerar que todos los átomos de cada elemento fueran idénticos. El descubrimiento provocó la llamada “crisis de los isótopos”, donde la discusión se centró acerca de si los isótopos debían considerarse o no nuevos elementos químicos. Una respuesta afirmativa implicaba el reemplazo de la tabla periódica por la tabla de los isótopos (Scerri, 2005).

Pero fue el radioquímico austríaco Friederich Paneth junto con Georg Hevesy quienes resolvieron la crisis. En efecto, trabajando con plomo y el “radio plomo” (uno de los isótopos descubiertos) que Rutherford les había pedido separar químicamente, Paneth y Hevesy corroboraron la inseparabilidad química de los mismos, lo cual significaba que se trataba de dos o más formas del mismo elemento químico. El fenómeno de la isotopía tuvo un mayor respaldo en 1914 con los trabajos de Theodore Richards, en los que midió el peso atómico de dos isótopos del mismo elemento.

Con el advenimiento y desarrollo de la mecánica cuántica en las primeras décadas del siglo XX, se postularon explicaciones para muchas de las propiedades químicas apelando a las configuraciones electrónicas de los elementos. En efecto, de acuerdo con el enfoque reduccionista que hoy domina en el ámbito de la química, el comportamiento químico de un elemento encuentra su mejor explicación en un dominio de partículas elementales, en particular, vía su configuración electrónica dada por la llamada regla de Madelung (o regla $n + l$, donde n y l denotan los dos primeros números cuánticos). Sin embargo, dicha regla no ha sido aún deducida *ab initio* —es decir, a partir de primeros principios— sino que muestra muchas excepciones. Asimismo, la ubicación de los dos primeros elementos del sistema periódico, el hidrógeno y el helio, se encuentra indeterminada, así como también la pertenencia de ciertos elementos en el grupo 3 o aun de elementos de igual valencia que se encuentran en distintos grupos.

A poco más de 140 años de la publicación de la primera tabla periódica de Mendeleev, existen hoy más de mil tablas publicadas en libros, artículos y en Internet. La forma de la tabla periódica es aún hoy objeto de debate en el plano epistemológico. El punto central aquí concierne

con la cuestión de si existe una mejor manera de agrupar los elementos o, en otras palabras, si es posible una mejor representación del sistema periódico de los elementos (*cf.*: Scerri, 2011).

Finalmente, la síntesis de elementos superpesados en los últimos 60 años o más, y en particular la síntesis de elementos de número atómico mayor a 103, conlleva problemas filosóficos que conciernen con el estatus de la ley periódica. En efecto, la aparición de efectos relativistas en el rutherfordio (104) y el dubnio (105) indican una diferencia considerable en las propiedades de dichos elementos con relación a las propiedades esperables de acuerdo a su posición en la tabla periódica. Sin embargo, no sucede lo mismo con el seaborgio (106) y el bohrio (107) (*cf.*: Scerri, 2012a). En este sentido, Scerri (2012b) enfatiza que la clasificación de los elementos superpesados está gobernada, en gran parte, por la ley periódica pese a los efectos de la mecánica cuántica relativista.

Conclusiones

En este trabajo mostramos cómo a lo largo de la historia de la química los diferentes intentos de clasificación buscaron compilar la información producida. La gran expansión del conocimiento producto de descubrimientos como la electrólisis, en las primeras décadas del siglo XIX, o la espectroscopia en 1860 constituyeron un gran desafío para los químicos de la época. A medida que la ciencia química progresaba, el ideal de una presentación racional y lógica de la información química parecía desvanecerse. El descubrimiento de la periodicidad de las propiedades químicas permitió organizar la información acumulada. Asimismo, la tabla periódica ha logrado consolidarse como una herramienta de trabajo en química gracias a su capacidad de organizar y codificar información. Ha superado dos obstáculos derivados de la multiplicación de la información química: el descubrimiento de nuevos elementos y de los isótopos. Demostró también ser una herramienta maleable que pudo darle lugar a la nueva información producto del desarrollo de la química originada a partir de entonces. La tabla periódica ha sobrevivido, más de 140 años después, a significativos descubrimientos como la estructura atómica, la mecánica cuántica y la mecánica cuántica relativista, y constituye hoy un ícono central de la ciencia contemporánea.

Notas

1. Si bien fue aislado por Davy mediante electrólisis, su descubridor fue el químico sueco Scheele en 1774, quien lo obtuvo calentado pirolusita (MnO_2) con cloruro de hidrógeno.
2. En este trabajo emplearemos los términos “sistema periódico” para hacer referencia a la tesis según la cual existe una relación de naturaleza periódica entre los elementos, y “tabla periódica” para denotar la representación del sistema periódico y de la ley periódica en dos o más dimensiones.
3. La descomposición de la luz al pasar por un prisma de cristal fue observada por Newton en el siglo XVIII.

Bibliografía

- ARAGÓN DE LA CRUZ F. (2009). *Historia de la Química*. Madrid: Síntesis.
- BENSAUDE-VINCENT, B. (1989). "Mendeleiev: Historia de un Descubrimiento", en Serres, M. (ed.), *Historia de las Ciencias*, Madrid: Ediciones Cátedra, pp.503-525.
- BENSAUNDE-VINCENT, B. Y STENGERS, I. (1997). *Historia de la Química*. Madrid: Addison Wesley - Universidad Autónoma de Madrid.
- BROCK, W. (1998). *Historia de la química*. Madrid: Alianza Editorial.
- ESTEBAN SANTOS, S. (2009). *La Historia del Sistema Periódico*. Madrid: UNED.
- MAZURS, E. (1974). *Graphic Representations of the Periodic System During One Hundred Years*, Alabama: The University of Alabama Press
- SCERRI, E. R. (2005). Some Aspects of the Metaphysics of Chemistry and the Nature of the Elements, *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry* 11, 127-145.
- SCERRI, E. R. (2007). *The Periodic Table - Its Story and Its Significance*, New York: Oxford University Press.
- SCERRI, E. (2008). "The past and future of the periodic table". *American Scientist*, **96**: 52-58.
- SCERRI, E. R. (2011). *The Periodic Table. A Very Short Introduction*, Oxford: Oxford University Press.
- SCERRI, E. R. (2012a). The periodic Table, en Hendry, R. F.; Needham, P. & Woody, A. (Ed.). *A handbook of philosophy of science*. Vol. 6, *Philosophy of Chemistry*. Oxford: Elsevier.
- SCERRI, E. R. (2012b). Trouble in the periodic table. *Education in Chemistry*: 13-17, January.
- SOLÍS, C. Y SELLES, M. (2004). *Historia de la Ciencia*. Madrid: Espasa- Calpe.
- VAN SPRONSEN, J. W. (1969). *The Periodic System of Chemical Elements - A History of the First Hundred Years*, Amsterdam: Elsevier Publishing Company.

Lógica y psicología del razonamiento: un caso de representación de argumentos¹

Alba Massolo *, *Federico Ferrero* †

La pregunta sobre la relación de la lógica con el razonamiento humano tuvo una importancia fundamental en la reflexión filosófica sostenida entre fines del Siglo XIX y principios del Siglo XX. A partir de esta discusión, surgieron las denominadas tesis psicologistas y antipsicologistas en lógica. La tesis central del psicologismo sostiene que las leyes de la lógica son una generalización de los patrones del razonamiento humano. El antipsicologismo, por el contrario, niega cualquier incidencia de la psicología humana en la ciencia de la lógica. Es un hecho ampliamente conocido que el resultado de esta discusión se inclinó a favor del antipsicologismo y que, durante gran parte del Siglo XX, la palabra “psicologismo” tuvo casi exclusivamente un uso peyorativo para caracterizar concepciones erróneas sobre lógica. No obstante, en los últimos años, las tesis psicologistas volvieron a ser evaluadas considerando tanto los nuevos desarrollos en lógica como las nuevas tendencias en psicología provenientes de las ciencias cognitivas y de la psicología del razonamiento (Jacquette, 2003; Pelletier *et al.*, 2008).

En este marco, el objetivo de este trabajo es ilustrar a partir de un estudio empírico la discusión actual en torno al psicologismo en lógica. Específicamente, consideramos una variedad actual de psicologismo, el denominado descriptivismo psicológico (Pelletier *et al.*, 2008), y la analizamos a la luz del estudio de un caso de representación de argumentos. El estudio exploratorio que emplearemos fue realizado con un grupo de estudiantes de lógica de la Facultad de Filosofía y Humanidades (FFyH) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC). A partir de los resultados arrojados en esta experiencia, proponemos ponderar las vinculaciones que podrían establecerse entre la lógica y el razonamiento humano en el marco de la discusión sobre el psicologismo, en su variante descriptivista.

El análisis estará centrado en tres ejes. En primer lugar, la noción de promedio general empleada para caracterizar el descriptivismo psicológico. En segundo lugar, el sociologismo (una variante de descriptivismo psicológico) y la noción de grupos de afinidad. Y, en tercer lugar, la relación del descriptivismo con la normatividad en lógica. Asimismo, en cada uno de estos ejes de análisis, evaluaremos la capacidad del descriptivismo para responder a las críticas clásicas esgrimidas en contra del psicologismo.

I. Psicologismo y tipos de psicologismo

En líneas generales, el psicologismo en lógica sostiene que las leyes de la lógica constituyen una generalización de los patrones de pensamiento y razonamiento humanos. Según esta

* Universidad Nacional de Córdoba / CONICET

† Universidad Nacional de Córdoba / CONICET

concepción, el contenido de la lógica se extrae directamente de los procesos psicológicos individuales y subjetivos involucrados en el razonamiento. Si bien el término “psicologismo” fue acuñado recién en el Siglo XIX, esta concepción filosófica acerca de la lógica se remonta, al menos, a pensadores modernos del Siglo XVII como Bacon, Descartes, Hume y Locke. Este grupo de filósofos propuso abandonar el estudio de la silogística y emprender, en cambio, el estudio de la lógica rústica o natural. Esa lógica natural era el resultado del estudio empírico obtenido a partir de la observación de las actividades de razonamiento humanas.

Siguiendo una idea similar, el siguiente paso fundamental en el desarrollo del psicologismo fue dado por el filósofo inglés John Stuart Mill en el Siglo XIX. Según Mill, los principios lógicos representan leyes psicológicas generales que gobiernan la actividad de la mente humana. Por esto, las leyes de la lógica son empíricas y por lo tanto, no son necesarias. Las reacciones frente a esta concepción de la lógica no tardaron en aparecer. Uno de los aspectos más influyentes del debate en torno al psicologismo en el Siglo XIX fueron las críticas de Frege y Husserl y la consolidación de la postura antipsicologista como la indiscutible vencedora del debate.

Jacquette (2003) sistematiza las críticas esgrimidas en contra del psicologismo por Frege, Husserl y otros antipsicologistas de la época agrupándolas en ocho categorías diferentes. En primer lugar, una de las objeciones contra el psicologismo plantea que mientras que la lógica es exacta, la psicología es inexacta. Esta objeción explica que la lógica no puede reducirse a la psicología porque las verdades de la lógica son eternas y objetivas mientras que las verdades de la psicología son subjetivas y contingentes. La segunda objeción señala que la lógica es *a priori* y necesaria, pero la psicología *a posteriori*. Es decir, la lógica está más allá de la experiencia y por esto no puede reducirse a procesos psicológicos empíricos. En tercer lugar, la lógica es una disciplina normativa, mientras que la psicología es una disciplina descriptiva. Este argumento señala que la lógica no es sólo una descripción del razonamiento de los seres humanos. La lógica es, en cambio, una disciplina que prescribe la forma correcta de razonar. Así, al ser la psicología una ciencia descriptiva, la lógica no podría derivar de ella. Como señalaremos posteriormente, esta es quizás la crítica más importante en contra del psicologismo. La cuarta objeción atañe al carácter universal de la lógica. Mientras que la psicología es una disciplina relativa a una especie específica (los seres humanos), la lógica es una disciplina universal. En quinto lugar, otra dificultad para el psicologismo reside en el argumento que sostiene que la lógica se descubre, no se inventa. Según esta idea, las verdades de la lógica son eternas y completamente independientes de las capacidades cognitivas de los razonadores; por lo tanto, se descubren. En sexto lugar, la lógica está presupuesta en todas las disciplinas desarrolladas por los seres humanos, incluida, claramente, la psicología. Por esta razón, puesto que la psicología presupone la lógica, es imposible que la lógica se derive de la psicología. La anteúltima objeción se vincula con la naturaleza de las entidades de la lógica. Sobre este punto, los autores antipsicologistas sostuvieron que la lógica no puede reducirse al contenido individual de los procesos psicológicos de los seres humanos porque las entidades involucradas en la lógica son exactamente las mismas para todos los hombres. Finalmente, la octava objeción señala que al ser la lógica una disciplina objetiva, es imposible que se derive de

una disciplina subjetiva como la psicología.

Estas ocho objeciones influyeron de manera determinante en el debate en torno al psicologismo. De hecho, a fines del Siglo XIX, el espíritu antipsicologista se consolidó como una concepción casi incuestionable de la lógica. No obstante, en los últimos años, las tesis psicologistas de la lógica volvieron a ser revisadas. Las razones detrás de este renacimiento del psicologismo radican, por un lado, en el desarrollo actual de la psicología, especialmente en las áreas de la psicología cognitiva y la psicología del razonamiento, que dista mucho del nivel de desarrollo que esta ciencia tenía en el Siglo XIX. Por otro lado, el estado actual de la lógica también es radicalmente diverso del nivel de desarrollo de la lógica de esa época. La gran cantidad de sistemas lógicos que existen actualmente ponen en duda la concepción de la lógica como un sistema único y universal, a ser descubierto, y que caracteriza el razonamiento correcto. Así, la legitimidad de algunas de las ocho objeciones anteriores podría ponerse en duda. No obstante, existe una objeción ineludible que cualquier postura filosófica sobre la lógica debería garantizar; esto es, su carácter normativo. Desde sus inicios, la lógica fue definida como la ciencia del razonamiento correcto. La normatividad es inherente a la lógica. De hecho, si la lógica perdiera esta característica dejaría de tener sentido como disciplina. Por esta razón, la objeción sobre la normatividad de la lógica tendrá un lugar central en nuestra discusión en torno a las nuevas variedades de psicologismo.

De esta manera, el estado actual tanto de la lógica como de la psicología ha llevado a plantear nuevas variedades de psicologismo. Una de estas nuevas formas de psicologismo está representada por el descriptivismo psicológico (Pelletier *et al.*, 2008). Según el descriptivismo, el contenido de lo que se considera lógica está determinado por la descripción del desempeño público de los seres humanos en el campo del razonamiento. Asimismo, puede diferenciarse una subclase de descriptivismo, denominada sociologismo, cuya posición consiste en relativizar el contenido de la lógica a diferentes sociedades o grupos humanos. A continuación, estas dos variantes de psicologismo serán ilustradas en un estudio de caso y revisadas según las ocho críticas clásicas antipsicologistas.

II. Metodología

El estudio exploratorio realizado aborda prácticas áulicas de representación de las estructuras de los argumentos y permite componer un corpus empírico cuyas modalidades de representación y tratamiento analítico posibilitan ilustrar algunas de las variantes de abordajes vinculados con el descriptivismo psicológico. En este marco, consideramos diagramas argumentales clásicos con estructura de árbol llevados a cabo por un grupo de estudiantes de lógica (FFyH, UNC). Los estudiantes que participaron del estudio habían realizado previamente tareas de reconocimiento de estructuras de argumentos (identificación de premisas y conclusiones) y tareas de diagramación de argumentos en las clases prácticas de la materia.

La experiencia se organizó en dos sesiones de diagramación en el salón de clases a partir de dos argumentos breves de filósofos modernos (ver anexo). En cada uno de los casos, la

consigna requería la producción individual de un diagrama de argumento arbóreo con lápiz y papel considerando las proposiciones como nodos y los pasos inferenciales como las flechas del gráfico. Así, se obtuvieron 12 diagramas arbóreos de elaboración individual a partir de la sesión de trabajo con el argumento que en adelante llamaremos *argumento 1*. Y 39 gráficos relevados de la sesión de diagramación del argumento que denominamos *argumento 2*.

Una vez obtenidos los diagramas elaborados de manera individual se utilizó un software para la construcción de redes (SNA) que permitió obtener dos diagramas que recogen todos los datos provenientes de los gráficos anteriores. De esta manera, las redes logradas hacen las veces de resúmenes técnicos o imágenes que sintetizan la manera como cada grupo de estudiantes visualizó la estructura de los argumentos considerados. Finalmente, se utilizaron herramientas analíticas contenidas en el mismo software para producir las representaciones a analizar a la luz del debate sobre el psicologismo.

III. Descriptivismo y la noción de promedio general

Como mencionamos anteriormente, una variedad actual de psicologismo es el descriptivismo psicológico. Su tesis central establece que el contenido de la lógica se extrae a partir de la generalización de las manifestaciones públicas observables de los contenidos mentales de los seres humanos. Existen diferentes propuestas a la hora de elegir el tipo de manifestación o desempeño público a partir del cual se va a erigir la lógica. De modo que la cuestión fundamental a determinar consiste en establecer la manera de realizar esta generalización.

Una opción ampliamente explorada sostiene que el contenido de la lógica se define a partir de un promedio general de los contenidos mentales de las personas. Claramente, tres fuertes supuestos subyacen a este tipo de descriptivismo: en primer lugar, que los contenidos mentales pueden expresarse públicamente; en segundo lugar, que estos contenidos mentales individuales son suficientemente similares entre las diferentes personas y, finalmente; que es posible de alguna manera determinar un promedio común a partir de cada una de estas manifestaciones públicas individuales.

Frente a esta variedad de psicologismo, el estudio empírico realizado nos permitirá analizar la noción de promedio general y considerar algunas maneras en que este promedio podría ser calculado. En este sentido, se podría pensar que la forma de un argumento se obtendría a partir de algún mecanismo de este tipo. Es decir que, la estructura de un argumento estaría determinada por el promedio general del desempeño de los razonadores para identificar premisas, conclusiones y las relaciones inferenciales existentes entre estas proposiciones.

En nuestro caso, este cálculo del promedio podría ser operativizado con la extracción y análisis de medidas típicas de centralidad (prestigio de grado) que son frecuentemente utilizadas en el análisis de redes. En particular, existen dos medidas básicas para dar cuenta del prestigio de grado. Por un lado, el índice que cuantifica las recepciones de relaciones inferenciales (*in-degree*). Esta medida indica el número de conexiones o relaciones directas que llegan a cada nodo o proposición y permite, en nuestro caso, conocer las proposiciones más frecuentemente

inferidas. Por el otro, la medición de las cantidades de salidas de relaciones inferenciales o apoyos que presenta un determinado nodo pueden ser registradas con el índice *out-degree*.

En el caso del *argumento 1*, el análisis efectuado a partir del tratamiento de los datos con los índices mencionados sugiere que no es sencilla la extracción de un promedio que indique la estructura del argumento predominante según el grupo de razonadores. Esto podría deberse al hecho de que los valores de los índices *in* y *out degree* no son los adecuados para extraer promedios de la estructura del argumento a partir de lo que indica la mayoría de los razonadores.

No obstante, estos índices, al asignar atributos a los nodos, es decir, a las proposiciones, nos aportan datos respecto de promedios para las distintas unidades semánticas (proposiciones, conclusiones intermedias y conclusión final). Esto supone que las medidas de prestigio de grado varían dependiendo del tipo de unidad semántica considerada. Por ejemplo, siguiendo con el caso del *argumento 1* se observa que la proposición C acumula mayor *out-degree* en tanto apoya numerosas proposiciones con mismo nivel jerárquico, las que, consiguen misma centralidad *in-degree* y *out-degree* (nodos D, E y F) (Véase Figura 1). Y al mismo tiempo, hallamos que las proposiciones más frecuentemente inferidas (mayor *in-degree*) corresponden a los nodos H y K.

De esta manera, el estudio del caso empírico nos muestra cómo sería posible dar cuenta de la generalización del desempeño público de los razonadores a partir de la noción de promedio general aplicada a la caracterización de los tipos de unidades semánticas. No obstante, la estructura del argumento predominante no podría extraerse desde el análisis de redes con los índices utilizados. Como veremos más adelante, otras representaciones de los resultados podrían esclarecer el logro de este objetivo.

Más allá de esta dificultad para la extracción de promedios generales, vale preguntarse hasta qué punto el descriptivismo psicológico constituye una alternativa justificable dentro del debate filosófico actual. Si se vuelven a considerar las ocho críticas en contra de la versión clásica del psicologismo, puede verse que el descriptivismo basado en la noción de promedios generales puede responder con mayor solvencia a algunas de esas críticas. Específicamente, las críticas referidas a la objetividad y a la universalidad de la lógica parecen disolverse. En primer lugar, con respecto a la objetividad de la lógica, a partir de la noción de promedio general, el descriptivismo logra dar cuenta de una generalización de los contenidos mentales en términos exclusivamente objetivos. Es posible hacer públicos los contenidos mentales y, a partir de esta manifestación pública, se realiza una generalización. De esta manera, al operativizar la noción de promedio general, tal y como se hizo explícito en el análisis del caso, el contenido de la lógica se basa a fin de cuentas en la generalización de datos objetivos observables y así la objetividad queda garantizada. En segundo lugar, con respecto a la universalidad de la lógica y la especificidad de la psicología, si la lógica se define como el promedio general extraíble a partir de las manifestaciones públicas de los razonadores, y se entiende que estos razonadores representan a la totalidad de los seres humanos, la lógica sería entonces universal. Puesto que no habría fuera de ese promedio general nada externo que se pudiera considerar lógica.

Sin embargo, las críticas que apuntan a la normatividad y al carácter necesario y *a priori*

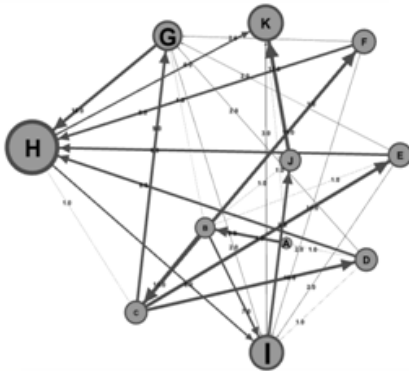
siguen siendo un problema para esta variedad de psicologismo. Por un lado, podría sostenerse que la norma de lo que es correcto en lógica está determinada por lo que la humanidad considera que es correcto. En el caso analizado, el cálculo del promedio general de la estructura del *argumento 1* marcaría la forma correcta de representar este argumento. Sin embargo, como nos permitió advertir el estudio empírico, este promedio no puede calcularse para este argumento. Quizás esto se deba a que los índices elegidos no son los adecuados. Aunque quizás también esto podría estar reflejando que el grado de similitud entre los razonadores debe ser lo suficientemente alto si se quiere obtener una generalización. Este es precisamente un fuerte presupuesto del descriptivismo psicológico que, como vemos, no siempre se puede satisfacer. Este hecho mostraría que en algunos casos puede ser difícil establecer un criterio interno de normatividad. Similarmente, podría cuestionarse si una normatividad interna, así establecida, sería una normatividad adecuada para la lógica, dado que la noción de razonamiento correcto se identificaría con la descripción de la generalización obtenida; pero esto no justificaría por qué ese es el razonamiento que se debe considerar correcto. Por otro lado, el descriptivismo tampoco puede dar cuenta del carácter necesario y *a priori* de la lógica. De hecho, si la lógica se deriva de una generalización de datos observables, entonces es *a posteriori* y claramente no necesaria. Asimismo, estrechamente vinculadas con la crítica acerca de la necesidad de la lógica están las críticas sobre el carácter exacto y descubierto de la lógica. Estas dos características descansan en la idea de que sus objetos existen independientemente del comportamiento de los seres humanos y por esto la disciplina involucra verdades exactas y eternas a ser descubiertas. El descriptivismo, al sostener que las verdades de la lógica se derivan de los procesos de razonamiento humanos, niega precisamente que esto sea así.

Finalmente, las últimas dos críticas son las vinculadas con la identidad de los objetos y con la ubicuidad de la lógica. En relación con la identidad de los objetos, el descriptivismo no implica la reducción de las entidades de la lógica a entidades de la psicología individual de los seres humanos. De hecho, se podría argumentar que en tanto la lógica emerge a partir de la generalización de desempeños públicos observables, sus entidades también emergen a partir de este proceso y de esta manera serían idénticas para todos los seres humanos, sin necesidad de apelar a contenidos mentales individuales. Por último, con respecto a la crítica que esgrime que la lógica es presupuesta por todas las disciplinas y que por esto no puede derivarse de ninguna de ellas, se debería evaluar si los procesos necesarios para acceder a los promedios generales requieren de la lógica. De ser esto así, encontraríamos circularidad y difícilmente se podría responder a la crítica. No obstante, la lógica no parece estar necesariamente involucrada en este proceso, aunque sí claramente lo está la matemática. Esto complica la respuesta a esta crítica.

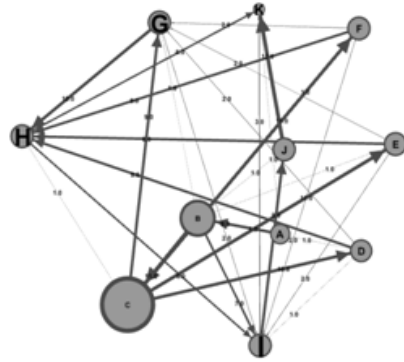
Figura 1

Redes del *argumento 1* según prestigio de grado

A. Wighted In-degree



B. Wighted Out-degree

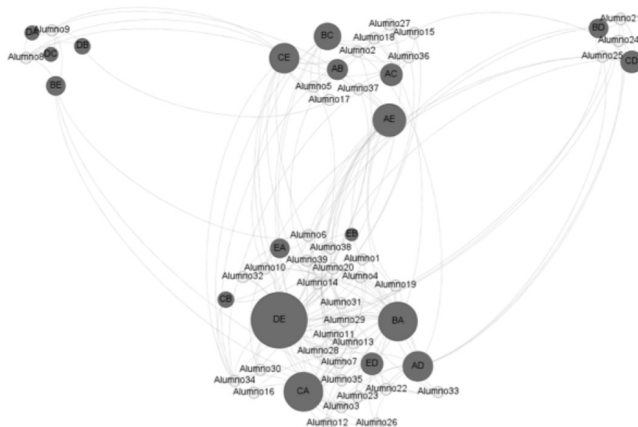


IV. Descriptivismo y distinción de diferentes comunidades o grupos de razonadores afines

Una observación que se le podría hacer a la variedad de descriptivismo basada en la noción de promedio general es que más allá de los resultados obtenidos a partir de las medidas de centralidad como medidas promedio, existen en el interior de un mismo conjunto diferentes agrupamientos que representan argumentos de maneras alternativas. De este modo, se hacen manifiestas ciertas diferencias entre los razonadores que componen una misma muestra en estudio.

Como mencionamos anteriormente, el denominado sociologismo, como variedad descriptivista, entiende que el contenido de la lógica está relativizado a la sociedad o grupo de razonadores humanos que se considere. Teniendo en cuenta esta distinción, la Figura 2 muestra cómo se podría representar el sociologismo en el caso estudiado.

Figura 2
Red para el *argumento* 2 estableciendo *clusters* de razonadores



Red particionada entre estudiantes y relaciones inferenciales y clasificada según el grado de entrada en el caso de las relaciones inferenciales. Se obtienen grupos de estudiantes que coinciden en la asignación de relaciones inferenciales.

La red presenta 4 *clusters* de razonadores según los datos obtenidos en la sesión de diagramación del *argumento 2*. El más numeroso es el denominado grupo 1, conformado por 26 estudiantes (alumnos 1, 3, 4, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 19, 20, 22, 23, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 38, 39) que, aunque con variaciones, visualizan la estructura del argumento de manera coincidente. A saber: predominantemente señalan que desde las proposiciones B y C se produce un paso lógico hacia A que, junto con la proposición D, permiten inferir la conclusión final E. Luego, identificamos agrupamientos más minoritarios. En el grupo 2, integrado por 8 razonadores (alumnos 2, 5, 15, 17, 18, 27, 36, 37) advertimos que mayormente los estudiantes diagraman como el grupo anterior, excepto porque establecen direcciones distintas para el grupo de proposiciones A, B y C: desde las premisas A y B, inferen C. Por otro lado, el grupo 3, constituido por 3 estudiantes (alumnos 21, 24, 25) coincide en marcar el apoyo inferencial desde A, B y C a D y desde D a E. Finalmente el grupo 4, integrado por 2 diagramadores (8 y 9), concuerda con que D apoya lógicamente a las proposiciones A, B y C, y que estas últimas permiten inferir la conclusión final E. Estos resultados señalan que en los grupos mayoritarios de razonadores es más fácil extraer una estructura para el argumento, puesto que la variabilidad interna no es tan grande, mientras que los agrupamientos menores exhiben mayor variabilidad en sus asignaciones inferenciales. Así, esta visualización de los datos resulta valiosa en tanto permite identificar grupos de afinidad y operativizar adecuadamente la noción de promedio general considerada antes

Deberíamos analizar ahora el grado de adecuación del sociologismo para hacer frente a las ocho críticas. Como es de esperar, algunos de los problemas del descriptivismo basado en la noción de promedio general se van a mantener para el sociologismo. Este es el caso

de las dificultades para dar cuenta del carácter necesario y *a priori* de la lógica, del carácter descubierta de las verdades de la lógica, de la normatividad, la ubicuidad y el carácter exacto de la lógica. Ahora bien, una dificultad que se agrega al sociologismo es el problema para justificar la universalidad de la lógica. El descriptivismo podía dar cuenta de este rasgo apelando a la idea de generalización. Sin embargo, el sociologismo al mostrar la existencia de diversos grupos de afinidad dentro del conjunto de los razonadores abandona el ideal de universalidad. La lógica, según el sociologismo, estaría relativizada a esos diferentes agrupamientos. Y por lo tanto, ya no sería única para todos los seres humanos. Si bien la universalidad es un problema para el sociologismo, la objetividad y la identidad de las entidades involucradas puede ser defendida con argumentos similares a los usados por el descriptivismo basado en la noción de promedios generales. Quizás la identidad de las entidades también quede relativizada al grupo de afinidad que comparta una misma lógica, pero se sigue garantizando que un mismo grupo comparta las mismas entidades. Así, el sociologismo logra salvar la objetividad y la identidad de las entidades involucradas. Aunque ahora la universalidad vuelve a constituir un problema.

V. Descriptivismo y normatividad

Como advertimos anteriormente, uno de los problemas centrales del descriptivismo, tanto en su versión basada en la noción de promedios generales como en el sociologismo, es la imposibilidad de justificar un criterio de normatividad para distinguir lo correcto de lo incorrecto en lógica. Recurriendo a nuestro estudio empírico, se puede analizar qué efectos tiene la imposición de un criterio de normatividad externo, proveniente de la disciplina, sobre los promedios generales alcanzados a partir de las medidas de centralidad. Para esto se pidió a un docente de la materia que realizara el diagrama que desde la disciplina se consideraría correcto. A estos fines, la necesidad de comparar el diagrama de un argumento con un camino inferencial ideal demarcado por las reglas normativas requirió generar una función que permitió especificar cuánto se alejan los diagramas realizados por los estudiantes de otro diagrama considerado lógicamente correcto a partir de un criterio disciplinar externo. Claramente, incluir este criterio externo implica abandonar una posición psicologista, puesto que, desde el punto de vista del psicologismo, la normatividad debería emerger a partir de los contenidos mentales o de las manifestaciones públicas de estos.

Para el caso considerado, la diagramación ideal del *argumento 2*, tal y como lo determinó el docente experto, incluye cuatro relaciones inferenciales con direcciones específicas entre nodos: (A,E); (B,A); (C,A) y (D,E). Si se considera la distancia que cada estudiante presenta respecto de la diagramación del experto, los resultados muestran que un 33 % de los razonadores ha marcado al menos 3 de las 4 relaciones inferenciales ideales; mientras que el 66 % ha acertado menos de 2 de las 4 relaciones inferenciales señaladas por el experto. En la Figura 3, los nodos que representan a los estudiantes aparecen en escala de grises: aquellos que han diagramado de modo coincidente con el experto aparecen blancos y los que se alejan del diagrama ideal están coloreados con negro.

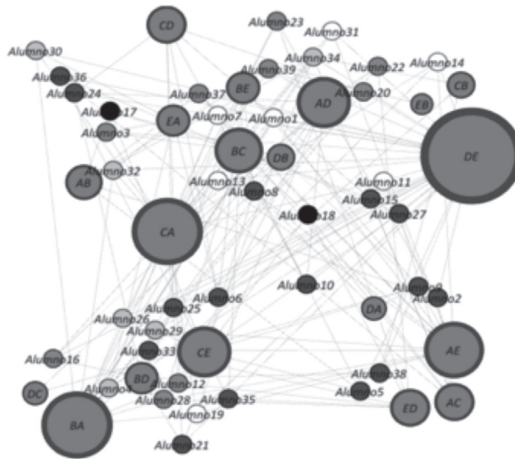
Esta aproximación descriptivista del desempeño de los estudiantes está claramente pronunciada desde una normatividad externa. Tal como también se sigue del análisis de otros trabajos empíricos (Evans, 2005; Stenning & van Lambalgen, 2008), los resultados de nuestro estudio muestran ciertas deficiencias o limitaciones de los razonadores a la hora de realizar tareas que requieren el uso de la lógica cuando se los evalúa desde un criterio disciplinar externo.

No obstante, si uno se quisiera mantener leal a una posición psicologista y no aceptara recurrir a un criterio externo de normatividad, podría plantearse la posibilidad de extraer un criterio de normatividad a partir del promedio de los razonadores. Más allá de que como sostuvimos anteriormente este criterio de normatividad encuentre dificultades para justificarse. Sin embargo, un hecho que se pone en evidencia analizando los datos arrojados por nuestro estudio (véase Figura 1) es que no siempre existe en el grupo de razonadores una uniformidad interna suficiente que permita establecer un criterio de normatividad. De hecho, como señalamos en la sección III, existen algunas limitaciones metodológicas para calcular el promedio general del diagrama completo del argumento. Además, un requisito para poder determinar un criterio de normatividad interno es que exista cierto grado de similitud entre los desempeños de los razonadores. Esto complica un poco más la posición del descriptivismo, puesto que, no sólo tiene dificultades para justificar un criterio de normatividad, sino también tiene dificultades para establecerlo. De esta manera, asumir que la norma de lo que es correcto en lógica está determinada internamente por lo que el grupo establece que es lo correcto, se advierte aquí como una dudosa posibilidad.

Para el caso del sociologismo, se podría pensar que el criterio de normatividad interno podría establecerse para cada grupo de razonadores, y así, cada grupo tendría su propio criterio. No obstante, nuevamente debemos enfrentar el problema anteriormente mencionado. Si observamos la Figura 2, vemos que la mayoría de los grupos de afinidad coinciden al identificar algunas relaciones inferenciales presentes en el argumento, sin embargo, en el caso de los grupos 3 y 4, las similitudes internas en cada grupo no logran reflejar la estructura del argumento, sólo se limitan a unas pocas relaciones inferenciales. En consecuencia, parece que el sociologismo encuentra también algunas dificultades para justificar un criterio de normatividad interno para algunos grupos.

En resumen, la brecha que existe entre las respuestas dadas por las personas y la teoría lógica hace bastante difícil defender una posición psicologista en su variedad descriptivista. Especialmente, porque parece difícil que la normatividad de la teoría pueda emerger de la actividad de los razonadores, como lo ponen de manifiesto los resultados de la figura 3. Lo que es más, los datos del estudio empírico nos permitieron advertir las dificultades del descriptivismo y el sociologismo para establecer un criterio de normatividad interno. Vemos, de esta manera, que la normatividad sigue constituyendo un problema para las variedades más actuales de psicologismo.

Figura 3
Red para el *argumento 2* con criterio de corrección disciplinar



Red clasificada con escala de grises según la “Distancia al Camino Inferencial Ideal” en el caso de los estudiantes.

VI. Conclusiones

El objetivo del trabajo fue reflejar y rastrear una discusión filosófica a la luz de los datos arrojados por un estudio en casos. Se hizo hincapié en tres aspectos sobre el psicologismo en lógica: la noción de promedio general, la distinción de diferentes comunidades o grupos de razonadores afines y las críticas vinculadas a la incapacidad para justificar un criterio de normatividad.

Los resultados muestran que el descriptivismo tiene dificultades para responder al menos a cinco de las ocho críticas al psicologismo en lógica que retoma Jacqueline (2003). Es decir, tiene problemas para dar cuenta del carácter necesario, descubierto, exacto, ubicuo y normativo de la lógica cuando se considera la descripción de los modos de razonar de los agentes. En el caso del sociologismo, hallamos que se mantienen los mismos problemas del descriptivismo y que, naturalmente, se agrega uno más: el vinculado a la incapacidad para justificar la universalidad de la lógica. Ambas posiciones ofrecen argumentos para superar las críticas de la objetividad y de la identidad de las entidades en lógica, siendo el descriptivismo quien, recurriendo a la noción de promedio general, puede disolver la objeción de la universalidad.

Las propuestas diagramáticas sobre las cuales hemos extraído estas conclusiones nos permiten sostener que la distancia entre las respuestas de los razonadores y la teoría lógica hace difícil adoptar una posición psicologista en su variedad descriptivista. En especial, la crítica vinculada con la normatividad, se asienta con fuerza al observar los resultados que arroja el estudio empírico en el sentido de las dificultades del psicologismo para establecer un criterio

de normatividad interno.

En términos metodológicos y más allá del abordaje de la discusión filosófica es valorado el propósito del trabajo como una especie de modelo o prototipo que ejemplifica el tipo de estudio interdisciplinario que es posible realizar entre lógica y psicología del razonamiento. Sugerimos que un trabajo de este tipo arrojaría descripciones interesantes respecto de la actividad de los razonadores si se contara con datos a gran escala analizables con las herramientas del *Data Mining*. Así, este trabajo podría continuar enriqueciendo la discusión filosófica a partir de los resultados empíricos.

Notas

1. Este trabajo fue desarrollado en el marco del proyecto “Modelos de inferencia no estándar aplicados al razonamiento común. Un enfoque desde la filosofía de la lógica”. Subsidiado por SeCyT (UNC) y dirigido por el Dr. Luis Urtubey. Agradecemos al director y a los integrantes del proyecto los comentarios y críticas durante el proceso de elaboración. Agradecemos asimismo las sugerencias del referato anónimo.

Bibliografía

- EVANS, J. (2005) “Deductive Reasoning”. En Holyoak, K. & Morrison, R. (Eds.) *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*. Cambridge University Press, Cambridge.
- JACQUETTE, D. (Ed.) (2003) *Philosophy, Psychology and Psychologism. Critical and Historical Readings on the Psychological Turn in Philosophy*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- PELLETIER, F. J. & ELIO, R. (2005) The Case for Psychologism in Default and Inheritance Reasoning. *Synthese* 146, 7-35.
- PELLETIER, F. J.; ELIO, R. & HANSON, P. (2008) Is Logic all in our Heads? From Naturalism to Psychologism. *Studia Logica* 86, 1-65.
- STENNING, K. & VAN LAMBALGEN, M. (2008) *Human Reasoning and Cognitive Science*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Anexos

Consigna para cada argumento: “Diagramar el siguiente argumento siguiendo el modelo propuesto por Irving Copi. En este caso, las proposiciones ya están identificadas entre corchetes. Determinar cuáles de estas proposiciones son premisas y cuál es la conclusión y luego dibujar el diagrama.”

Argumento 1

reguntaría gustoso a los filósofos que fundan muchos de sus razonamientos sobre la distinción de sustancias y accidentes e imaginan que tenemos idea clara de ellos, si **B**[la idea de sustancia se deriva de impresiones de sensación o reflexión]. **C**[Si nos es procurada por nuestros sentidos, pregunto por cuál ellos y de qué manera]. **D**[Si es percibida por la vista, debe ser un color]; **E**[si por el oído un sonido]; si por el paladar un sabor], y **G**[así sucesivamente sucederá con los otros sentidos]. **H**[Creo, sin embargo, que nadie afirmara que la sustancia es un color, un sonido o un sabor]. **I**[La idea de sustancia, por consecuencia, derivarse de una impresión de reflexión si realmente existe]. **J**[Pero nuestras impresiones de reflexión se reducen a nuestras pasiones y emociones, ninguna de las cuales es posible que presente una sustancia]. **K**[No tenemos, por consiguiente, una idea de la sustancia distinta de una lección de cualidades particulares]”. (David **Hume**, *Tratado de la naturaleza humana*). **Premisa plícita:** **A**[La idea de sustancia existe y es distinta de la de accidente].

[Había observado yo con bastante frecuencia que las obras compuestas de varias piezas y hechas por

Argumento 2

ii

“**A**[Había observado yo con bastante frecuencia que las obras compuestas de varias piezas y hechas por varias personas no son tan perfectas como las ejecutadas por una persona]. **B**[Las construcciones edificadas por un solo arquitecto son más bellas y sistemáticas que las levantadas por varios, aprovechando paredes o cimientos que estaban destinados a otros fines]. **C**[Las antiguas ciudades, que en principio fueron caseríos y poco a poco han ido transformándose hasta llegar a su estado actual, son mucho más irregulares que esas poblaciones que, creadas por una exigencia más o menos imperiosa o con un fin más o menos importante, se han desarrollado en muy poco tiempo, por obra de los esfuerzos armonizados de una sola generación]. (...) Siguiendo la corriente de las ideas, pensaba yo que **D**[las ciencias de los libros se forman con ideas de diversas personas]; por esto **E**[no están tan cerca de la verdad como los juicios que puede hacer naturalmente un hombre de buen sentido, sobre las cosas y sobre los hechos que se presentan a su consideración]”. (Descartes, *Discurso del método*).

“Preguntaría gustoso a los filósofos que fundan muchos de sus razonamientos sobre la distinción de sustancias y accidentes e imaginan que tenemos idea clara de ellos, si **B**[la idea de sustancia se deriva de las impresiones de sensación o reflexión]. **C**[Si nos es procurada por nuestros sentidos, pregunto por cuál

Eventos causais em motores moleculares

*Luma Melo **, *Oswaldo Pessoa Jr. †*

1. Introdução

Este trabalho é um estudo dos tipos de *eventos causais* presentes em um motor molecular, que são proteínas – como miosina, kinesina e dineína – presentes no interior das células e associadas, entre outras funções, ao transporte de substâncias ao longo de trilhos proteicos. Motores moleculares são essenciais para todo movimento corporal e desempenham papel importante no cérebro.

Adota-se uma perspectiva geral que pode ser caracterizada como um “reduccionismo metodológico”, de tentar reduzir a causalidade macroscópica reconhecida na biologia a eventos causais mais elementares. Um evento causal é definido pela possibilidade de uma intervenção ou manipulação. Em estudo anterior, identificamos três tipos de eventos causais em sistemas quânticos (menores do que 0,1 nm)¹ interagindo com aparelhos de medição macroscópicos (Pessoa, 2013a).

No presente estudo, deixamos de lado a escala quântica e subimos três ordens de grandeza para estudar os processos causais em macromoléculas de 50 nm, imersas em solução aquosa do meio celular e descritas pela físico-química clássica. Nesta escala, as moléculas recebem o choque de um número imenso de moléculas de água por segundo, o que as fazem locomover, girar, vibrar e torcer estocasticamente, em movimento browniano. Esta escala está logo abaixo da escala de uma bactéria, que se tiver flagelo se move pelo meio viscoso sem nenhuma inércia (Purcell, 1977).

2. Motores moleculares

Nossa intuição, acostumada com as máquinas grandes produzidas intencionalmente pelo ser humano, tem dificuldade de compreender “máquinas” no mundo nanoscópico, imersas num ambiente de flutuações térmicas, exibindo funções sem terem sido desenhadas por um engenheiro. Os motores moleculares são proteínas que realizam trabalho mecânico a temperatura constante, como os motores translocacionais ou citoesqueléticos que transportam objetos (como vesículas, organelas e macromoléculas) dentro das células com grande precisão espacial e temporal, acopladas a trilhos que formam o citoesqueleto da célula. Há também motores rotativos, como os que giram o flagelo de uma bactéria, e motores que atuam nas transformações dos ácidos nucleicos (DNA, RNA), mas nos concentraremos nos translocacionais.

O transporte de organelas “realizado” pelo motor molecular envolve consumo de

* Instituto de Física – Universidade de São Paulo, lumameloo@gmail.com

† Departamento de Filosofia – FFLCH – Universidade de São Paulo, opessoa@usp.br

combustível, por meio de reações químicas como a hidrólise de ATP (trifosfato de adenosina). Tal processo químico leva a uma modificação da conformação estrutural da macromolécula, o que faz com que a molécula libere uma de suas cabeças dos trilhos para realizar um passo. O movimento da cabeça é estocástico (aleatório), flutuando conforme os choques das moléculas de água, até se fixar novamente no microtúbulo. Esse passo de alguns nanômetros ocorre em tempos médios da ordem de milissegundos, e nem sempre ocorre no mesmo sentido (ou seja, o motor às vezes retorna um passo). A teoria física geral deste processo só foi elaborada na década de 1990, com os trabalhos do biofísico R.D. Astumian e de outros. A pesquisa hoje em dia é intensa sobre motores moleculares, e uma grande literatura sobre o assunto pode ser consultada (por exemplo, Gross, 2004; Welte, 2004; Spudich, 2006; Lodish et al., 2008, pp. 79-82).

Há três tipos de motores moleculares translocacionais. A miosina se move ao longo dos filamentos da actina, e é responsável principalmente pelo movimento e contração de músculos. A kinesina e a dineína estão associadas ao transporte de organelas ao longo dos microtúbulos, que são arranjados radialmente, com os polos negativos perto do núcleo (no centrossomo, em animais) e os polos positivos juntos da periferia celular. A kinesina se move predominantemente no sentido do polo positivo (na periferia) e a dineína que se move para o polo negativo (no centro) (ver Figs. 1 e 2).

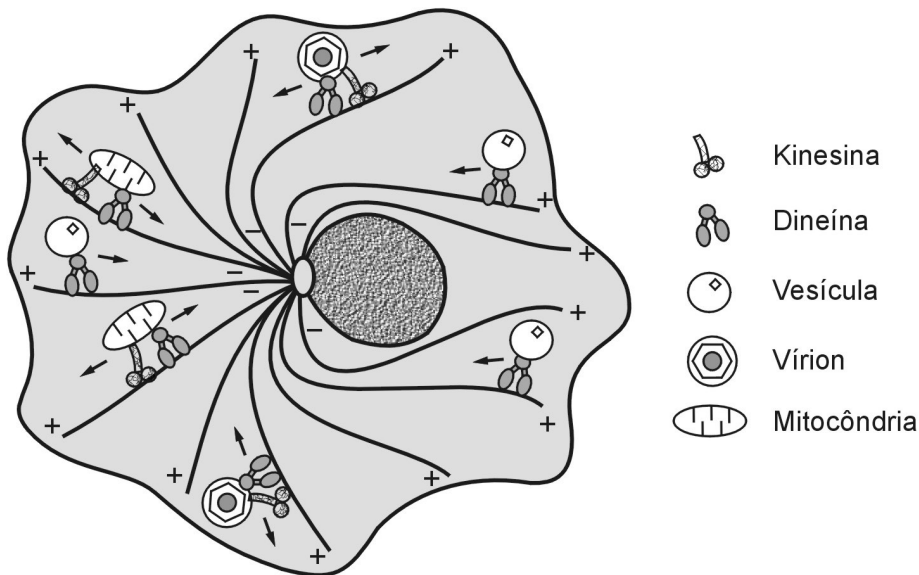


Figura 1. Diagrama de uma célula, mostrando a organização radial dos microtúbulos, que saem do centro da célula (o centrossomo, nas células animais) (região de carga elétrica negativa) e rumam para a periferia (carregada positivamente). A kinesina carrega vesículas,

vírions (pedaços de vírus) e mitocôndrias (entre outras coisas) para a periferia, ao passo que a dineína os carrega para o centro. O transporte em dois sentidos envolve a ação combinada da kinesina e dineína (adaptado de Gross, 2004, p. R2)

Quanto mais complexo for o organismo, maior é a variedade de motores moleculares presentes nas células. Há centenas de motores translocacionais, classificados em ao menos 18 classes de miosinas, 14 famílias de kinesinas e 2 grupos de dineínas (Schliwa & Woehlke, 2003, p. 759). Este é um bom exemplo de variação entre moléculas, surgida a partir da evolução molecular guiada principalmente por seleção natural, ao longo de centenas de milhões de anos (ver Smith, 2002, cap. 4). É este processo evolutivo que causou a precisão do funcionamento dos motores moleculares, e está associado ao controle exercido “pela célula”, que regula o transporte citoesquelético de acordo com suas “necessidades”.²

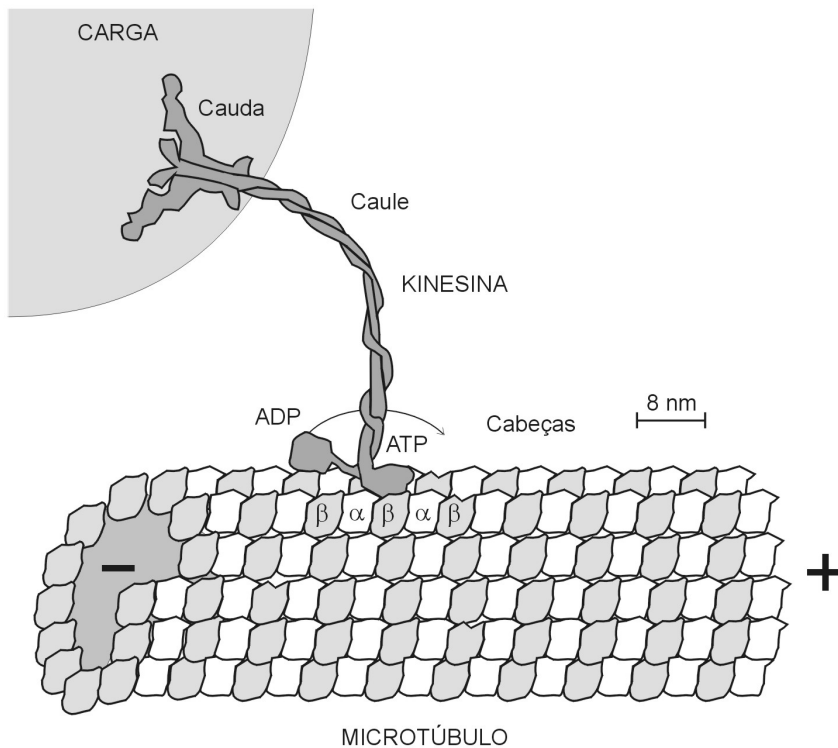


Figura 2. Motor molecular de kinesina transportando uma carga ao longo de um microtúbulo. O microtúbulo é um cilindro em que dímeros de α e β -tubulina formam um perímetro de treze unidades com uma pequena helicidade (torção). Com a hidrólise de ATP, formando ADP, uma das cabeças motoras se solta da β -tubulina e flutua estocasticamente,

geralmente se fixando 16 nm à frente (no sentido de polarização elétrica positiva) em outra β -tubulina. Uma proteína de coordenação liga a cauda do motor molecular à sua carga.

3. A física dos motores moleculares

Como é possível o funcionamento termodinâmico de um motor molecular, que extrai energia de flutuações aleatórias a temperatura constante? Isso não violaria a 2ª lei da Termodinâmica, que requer que uma máquina térmica extraia calor de um reservatório quente e transfira a energia térmica para um reservatório mais frio? De fato esta é a situação em dispositivos macroscópicos que procuram aproveitar as flutuações térmicas para gerar trabalho, como o sistema de catraca e lingueta explorado por Feynman et al. (2008, vol. 1, pp. 46-1 a 46-9), em que uma diferença de temperatura precisa ser mantida para gerar trabalho. O problema da geração de trabalho por motores moleculares foi resolvido apenas na década de 1990, por físicos como Astumian, entre outros.

Pensemos em uma proteína motora imersa em meio aquoso, como na Fig. 2. As moléculas de água “bombardeiam” a proteína um número imenso de vezes por segundo, o que produz movimento browniano (aleatório). Tal bombardeamento envolve forças de natureza elétrica, especialmente pontes de hidrogênio.

Um motor molecular é um dispositivo que combina os efeitos do ruído térmico, assimetrias espaciais do potencial que governa seu sistema (conforme veremos na Fig. 4), e uma taxa de fornecimento de energia a esse sistema, o que resulta em um movimento direcionado da macromolécula. O processo químico por detrás da conversão de energia química em mecânica é a hidrólise de uma molécula de ATP (trifosfato de adenosina), tendo como produto uma molécula de ADP (difosfato de adenosina), uma molécula de fosfato inorgânico Pi, e mais um próton: $ATP + H_2O \rightarrow ADP + Pi + H^+$.

O ATP é uma molécula tetravalente em ambiente de pH neutro, ou seja, tem um excesso de quatro cargas negativas (ver desenho estrutural da molécula na Fig. 3). Isso faz com que os três grupos fosfato do ATP apresentem forte repulsão eletrostática entre si, como se houvesse molas comprimidas que armazenam energia potencial (em uma analogia com um sistema mecânico macroscópico). Apesar desta repulsão interna, a molécula de ATP é relativamente estável no meio aquoso, o que significa que os encontrões com moléculas de água não a decompõem.

Quando o ATP se liga a um sítio específico na macromolécula (um “bolsão de ATPase”, em que um átomo de magnésio desempenha função importante), esta funciona como uma enzima, fornecendo energia de ativação e permitindo a formação de um estado de transição, que sendo muito instável, rapidamente é atacado por uma molécula de água, levando à sua quebra em ADP e Pi (ver Okimoto et al., 2001; Harrison & Schulten, 2012) (Fig. 4). Neste processo, a energia absorvida pela macromolécula muda a sua conformação estrutural, e libera a cabeça do trilho, que passa a flutuar livremente no banho aquoso (sendo que a macromolécula ainda se mantém fixa no trilho por meio de sua outra cabeça).

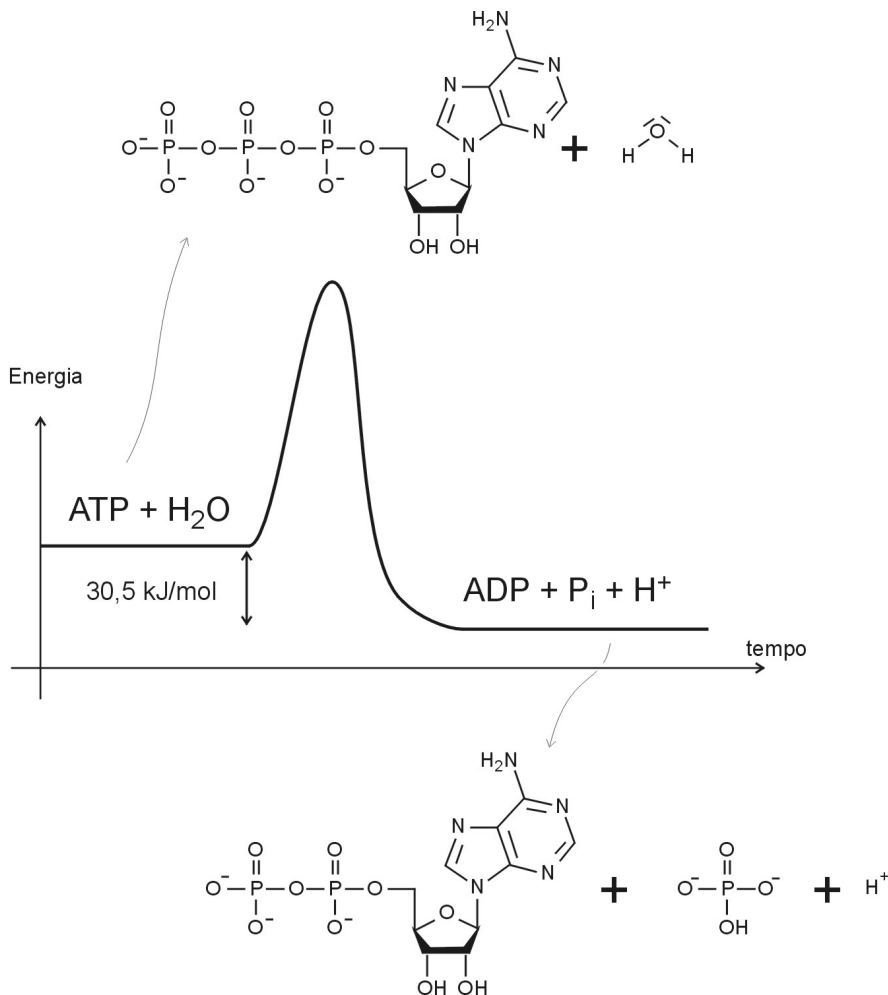


Figura 3. Diagrama de energia livre associado à hidrólise de ATP, em um bolsão de ATPase em uma macromolécula. Hoje já se tem uma ideia das partes da macromolécula que estabilizam o complexo ATP-macromolécula, levando-o ao estado de transição (de energia máxima no diagrama) (ver Okimoto et al., 2001).

A energia química disponível por unidade de tempo para um motor molecular é da ordem de 10^{-16} W. Em um segundo, são consumidas entre 100 e 1000 moléculas de ATP. O choque aleatório das moléculas de água, que bombardeiam o motor molecular, ocorre com uma potência de cerca de 10^{-8} W (Astumian & Hänggi, 2002). Vê-se com isso que a potência do ruído

térmico é muitíssimo maior do que a potência química liberada para a realização de trabalho. Mesmo assim, o motor molecular consegue se locomover, mantendo sempre uma cabeça presa no trilho através da atração eletrostática. Isso é feito em uma das proteínas que compõem o microtúbulo, a β -tubulina. Juntamente com a α -tubulina, forma-se um dímero (cuja repetição compõe o microtúbulo, ver Fig. 2), que gera um potencial eletrostático *assimétrico*. Esta é uma das chaves para a explicação física do fenômeno.

Na Fig. 4, ilustra-se esta assimetria com um potencial de tipo “dente de serra”, que descreve a atração eletrostática da cabeça livre para duas posições distintas. A hidrólise da molécula de ATP, que ocorre em instantes aleatórios, fornece energia para a cabeça se descolar do trilho, zerando o potencial, e a cabeça passa a flutuar aleatoriamente, em difusão por movimento browniano. Quando o potencial dente de serra é restabelecido, a assimetria do potencial faz com que a probabilidade seja maior para que a macromolécula caminhe “para frente” do que “para trás”.

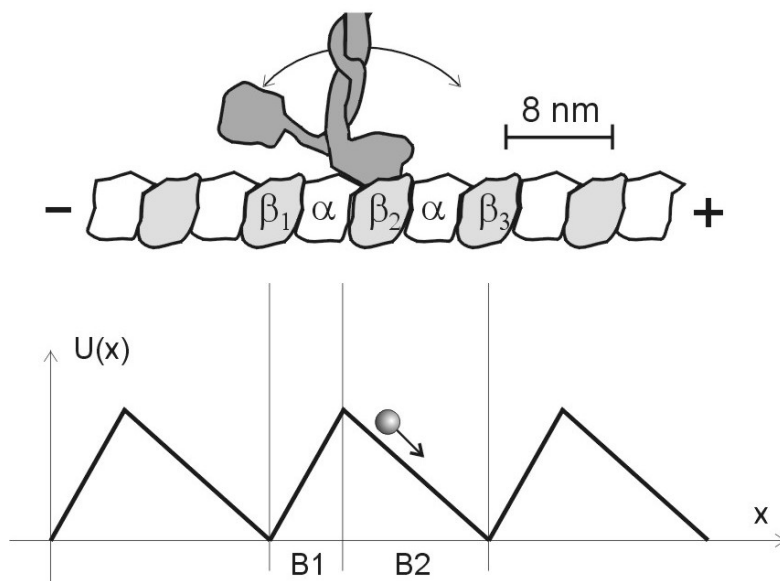


Figura 4: Atração eletrostática da cabeça do motor molecular segue um potencial assimétrico, representado na figura por uma curva dente de serra. Durante a hidrólise do ATP, uma cabeça adquire energia para se liberar do trilho. Neste momento, o potencial se anula, e a cabeça flutua aleatoriamente nos dois sentidos. Quando o potencial é restaurado, dependendo da posição da cabeça, ela retornará para sua posição em β_1 ou irá para frente, para β_3 . Devido à assimetria do potencial, a probabilidade de encontrar a cabeça na bacia que leva a β_1 (que chamamos B1) é menor do que na bacia B2 que leva para β_3 . A bolinha na figura representa

uma possível posição da cabeça, que com o restabelecimento do potencial é atraída para β_3 .

A assimetria do potencial combinada à difusão das cabeças produzirá um movimento líquido em um sentido determinado, mesmo na presença de uma força externa contrária. Pelo modelo apresentado, fica claro que sem ruído ou flutuação não há motor, mas também é necessária a liberação quantizada de energia, mesmo que em instantes aleatórios.

Depois que o ATP libera a energia e vira ADP, é necessário recarregar sua energia, como em uma bateria. Isso é feito nas membranas das mitocôndrias, e consiste em “colar” novamente o fosfato no ADP para recuperar o ATP. Para isso, é necessário fornecer energia, e essa energia vem dos alimentos, depois de uma série de transformações que ocorrem nas membranas internas das mitocôndrias. Como esta reação consome oxigênio, é chamada “respiração”. A principal consequência do processo de respiração celular é a produção de ATP, que irá atuar como um doador de energia livre (livre para realizar trabalho). Estima-se que o corpo humano adulto produza o próprio peso em ATP a cada 24 horas, porém consumindo outros tantos no mesmo período. A descrição da cadeia respiratória pode ser consultada em qualquer livro de biologia celular (por exemplo, Cooper & Hausman, 2007).

4. Motores moleculares e neurociência

Muitas doenças neurodegenerativas estão relacionadas com problemas no transporte intracelular feito por motores moleculares. Como, de uma forma geral, os neurônios não se regeneram e não se dividem, da maneira que fazem outras células do organismo, a eficiência no tráfego de cargas, durante a vida de um neurônio, é fundamentalmente importante. Moléculas e organelas são constantemente levadas para onde são requisitadas, no dinâmico interior dos neurônios, de forma que faz sentido o fato de que esses distúrbios, com o envelhecimento, podem ser causados por panes progressivas desse sistema de transporte. Há algumas doenças neurodegenerativas que já são associadas a rompimentos nesse sistema de transporte, sendo que a causa remota é geralmente genética. No mal de Alzheimer, certas “estacas” feitas de proteínas tau, associadas aos microtúbulos, que normalmente estabilizam e protegem esses trilhos, tendem a desintegrar-se (Stokin & Goldstein, 2006).

Em discussões filosóficas sobre o problema mente-corpo, muita atenção é dirigida para a questão da tomada de decisões em seres humanos, e do sentido em que se pode dizer que tais decisões são livres. É razoável supor que motores moleculares participem dos processos materiais envolvidos em uma decisão humana. Qual seria o processo inicial que ocorre no primeiro instante da tomada de decisão entre duas possibilidades (por exemplo, mexer o dedo indicador da mão direita ou da esquerda)?

As hipóteses materialistas mais usuais sugerem que o processo inicial de uma tomada de decisão envolva flutuações de disparos em *pequenas populações* de neurônios (ver por exemplo Georgopoulos, 1997, p. 146). Nesse sentido, a escala em que operam os motores moleculares não estaria envolvida na “bifurcação” entre duas decisões possíveis, apesar de a rede de microtúbulos sustentar fisicamente o crescimento de dendritos durante a aprendizagem neural.

5. Tipos de eventos causais em motores moleculares

Identificamos pelo menos cinco tipos de eventos causais que estão presentes no movimento do motor molecular.

(1) *Movimento browniano*. A principal fonte de energia que move o motor molecular é aleatória, resultado das flutuações térmicas do meio aquoso intracelular, que jogam a molécula de um lado para outro. Este movimento browniano é geralmente modelado por meio de bolinhas elásticas que colidem entre si mecanicamente. Porém, os avanços da bioquímica molecular fornecem uma representação mais detalhada, em que moléculas de água interagem entre si e com moléculas orgânicas por meio de forças eletrostáticas, especialmente pontes de hidrogênio.

As flutuações que levam ao movimento browniano são onipresentes, e poderiam ser consideradas uma “condição” ao invés de uma causa manipulável. O único controle que o organismo pode exercer sobre o movimento browniano é aumentando a temperatura do corpo, como ocorre em inflamações.

(2) *Reconhecimento molecular*. O motor molecular se prende ao microtúbulo por atração eletrostática, havendo um encaixe de tipo chave-fechadura. Tal encaixe pode ser considerado um evento causal, que recebe o nome genérico de “reconhecimento molecular” (o desencaixe também é um evento causal). A interação química envolvida é mais fraca do que uma ligação covalente, e pode ocorrer devido a diferentes processos de natureza eletrostática (ponte de hidrogênio, complexo de coordenação metálica, efeito hidrofóbico, empilhamento aromático, ligação halogênica e forças de van der Waals, que envolvem o vácuo).

No caso do reconhecimento entre a cabeça do motor molecular e o microtúbulo, já há explicações detalhadas de como o acoplamento de ATP em um sítio específico no caule gera deslocamento das alfa-hélices na cabeça, transformando uma situação favorável para atração eletrostática em uma situação desfavorável (cf. Carter, 2013, p. 710). No caso da kinesina, além do desacoplamento do trilho, ocorre um movimento para frente da cabeça, “semelhante a um especialista de judô que lança seu oponente com um golpe de braço de trás para frente” (Vale & Milligan, 2000, p. 89). Traça-se assim uma cadeia causal entre o acoplamento do ATP com liberação de energia e o desacoplamento da cabeça do trilho.

A descrição detalhada desse processo, assim como do reconhecimento molecular entre ATP e sítio no motor molecular, segue uma descrição mecanicista em que se leva em conta as formas tridimensionais das moléculas envolvidas e a distribuição de carga em torno dos sítios de reconhecimento. Se houver o encaixe entre “a chave e a fechadura”, o evento causal da ligação eletrostática é efetivado.

(3) *Transferência de um quantum de energia*. Para ser possível a ação do motor molecular, é essencial a hidrólise de uma molécula de ATP, presente na solução aquosa, em ADP + Pi, no sítio específico da macromolécula. Este processo ocorre de maneira aleatória, dependendo da chegada casual de uma molécula de ATP no entorno do sítio ativo. Muitas outras moléculas (além das de água) chegam por difusão a esse entorno, mas apenas a molécula específica se

encaixa (salvo em casos da presença de outros agonistas ou antagonistas). Nesta reação química, ocorre a liberação de um quantum de energia, o que leva a uma mudança na conformação da macromolécula e liberação de uma cabeça, como visto acima.

O evento causal da transferência de energia é um processo quântico, semelhante ao descrito como processo (1) em Pessoa (2013a), que designa a medição de um quantum em um experimento físico. A diferença é que em medições quânticas há amplificação do evento nanoscópico, ao passo que na célula geralmente não há amplificação. Na célula, as superposições quânticas (por exemplo, ATP-não-hidrolisado + ATP-hidrolisado), que podem ser interpretadas como uma “potencialidade”, acabam sendo “atualizadas” (colapsadas) pela interação com o ambiente (o meio aquoso flutuante), que “monitoraria” o sistema quântico (sem envolver uma medição de fato).

(4) *Evolução e seleção natural.* Para explicar a existência dos motores moleculares e o exercício eficiente de sua função biológica de transporte e movimento, é preciso levar em conta causas remotas associadas à seleção natural e outros mecanismos evolutivos. Há de fato toda uma família de linhagens evolutivas de motores moleculares. Com base em semelhanças estruturais, propõe-se que a kinesina e a miosina evoluíram de um ancestral molecular comum, chamado “kyosina”, apesar das grandes diferenças entre essas duas espécies moleculares. Propõe-se também que esta linhagem é próxima à das proteínas G, ambas compondo uma família de interruptores moleculares de nucleotídeos (cf. Vale & Milligan, 2000, p. 91). Um interruptor molecular possui dois ou mais estados estáveis (ou seja, está associado à informação de 1 bit, para dois estados equiprováveis), e na família considerada esses estados estão associados à transição ATP/ADP (envolvendo o nucleotídeo adenina) ou GTP/GDP (envolvendo a guanina, no caso das proteínas G).

(5) *Regulação.* A ação dos motores moleculares é regulada pela presença de moléculas no meio circundante que causam o seu movimento em um sentido ou outro, ou levam à parada da macromolécula em seu trilho. Um exemplo disso é o transporte de mitocôndrias, em cada uma das quais está acoplado uma kinesina e uma dineína, sendo que a primeira tende a levar a mitocôndria para a periferia da célula, ao passo que a dineína a puxa para o interior da célula (Fig. 1). Quando um axônio ou dendrito de um neurônio cresce, isso ocorre devido à presença externa do fator de crescimento de nervos (NGF), que se acopla ao receptor TrkA (receptor de tropomiosina kinase A), que gera um lipídeo fosfatidilinositol (PIP), que acaba favorecendo a kinesina a transportar a mitocôndria para a região de crescimento do axônio (onde é necessária para o fornecimento de ATP) (Welte, 2004, pp. R526-8). Tal cadeia causal de regulação envolve acoplamentos entre macromoléculas que se ativam segundo o paradigma da chave e fechadura, e cumprem a “função” que atribuímos ao sistema. Tal função deve ser entendida no sentido de Millikan (1984), como originado na evolução biológica. A regulação envolve causas próximas, ao passo que a seleção natural envolve causas remotas.

6. Conclusão

O presente estudo examinou o conhecimento científico atual a respeito de motores moleculares. Além de uma descrição das moléculas envolvidas no transporte de organelas no citoesqueleto, e dos mecanismos propostos para sua atuação, considerou-se também a explicação física simplificada da produção de trabalho que ocorre à temperatura constante em ambiente com flutuações geradoras de movimento browniano, e tendo como combustível a liberação quantizada de energia da molécula de ATP.

O foco principal de nossa atenção foram os eventos causais envolvidos neste sistema, que foram classificados em cinco tipos. O presente trabalho almejou explorar o que poderia ser chamado de “filosofia das proteínas”, ou seja, a investigação da ontologia do mundo nanoscópico no interior de seres vivos. Tal estudo faz parte de um projeto mais amplo de examinar as relações entre as diferentes escalas presentes em organismos biológicos, oferecendo uma tentativa de descrever a redução de eventos causais macroscópicos a partir de eventos causais em escalas inferiores, e a partir de causas remotas no tempo. Explora-se assim também a viabilidade do projeto reducionista da biologia molecular (cf. Sarkar, 2005, pp. 9-10). A extrema complexidade dos sistemas biológicos em seus diversos níveis aparece como desafio constante para a explicação científica, e serve de argumento para as concepções emergentistas (antirreducionistas) da vida (cf. Pessoa, 2013b).

Outra motivação para o presente estudo é explorar as bases físico-químicas do fenômeno da consciência. Do ponto de vista materialista reducionista, a consciência pode estar associada a alguma região anatômica específica do encéfalo, e pode emergir em alguma escala apropriada, provavelmente bem acima da escala nanométrica aqui explorada (por exemplo, em um volume de 1 cm^3 , segundo as hipóteses localizacionistas, ou até maior, segundo visões mais holistas). Vimos porém como doenças como o mal de Alzheimer podem envolver danos na ação dos motores moleculares, indicando a possível relevância de se considerar também a escala subcelular para a eventual explicação da consciência.

Agradecimentos

Esta pesquisa se beneficiou das sugestões de Carla Goldman.

Notas

1. A sigla “nm” refere-se a nanômetro, ou seja, um bilionésimo de metro, ou 10^{-9} m.
2. É difícil descrever esses processos sem usar uma linguagem intencional, que menciona um “agente” que exerce “comandos” sobre “escravos”. Tal uso deve ser interpretado de maneira metafórica. Deixaremos a discussão da adequação desta linguagem para outra oportunidade (ver Rosenberg, 1986).

Bibliografia

- Astumian, R.D. (2010). Thermodynamics and kinetics of molecular motor. *Biophysical Journal*, 98, 2401-9.
- Astumian, R. & Hänggi, P. (2002). Brownian motors. *Physics Today*, 55 (nov.), 33-39.
- Carter, A.P. (2013). Crystal clear insights into how the dynein motor moves. *Journal of Cell Science*, 126, 705-13.
- Cooper, G.M. & Hausman R.E. (2007). *A célula: uma abordagem molecular*. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed.
- Feynman, R.P.; Leighton, R.B. & Sands, M. (2008). *Lições de física de Feynman: edição definitiva*. Trad. A.V. Roque da Silva & K.R. Coutinho. Porto Alegre: Artmed Bookman. Original em inglês: 1963.
- Georgopoulos, A.P. (1997). Voluntary movement: computational principles and neural mechanisms. In: Rugg M.D. (org.), *Cognitive Neuroscience* (pp. 131-68). Cambridge: MIT Press.
- Gross, S.P. (2004). Hither and yon: a review of bi-directional microtubule-based transport. *Physical Biology*, 1, R1-R11.
- Harrison, C.B. & Schulten, K. (2012). Quantum and classical dynamics simulations of ATP hydrolysis in solution. *Journal of Chemical Theory and Computation*, 8, 2328-35.
- Lodish, H.; Berk, A.; Matsudaira, P.; Kaiser, C.A.; Krieger, M.; Scott, M.P.; Zipursky, L. & Darnell, J. (2008). *Molecular Cell Biology*. 5ª ed. New York: Freeman.
- Millikan, R.G. (1984). *Language, thought and other biological categories*. Cambridge: MIT Press.
- Okimoto, N; Yamanaka, K.; Ueno, J.; Hata, M.; Hoshino, T. & Tsuda, M. (2001). Theoretical studies of the ATP hydrolysis mechanism of myosin. *Biophysical Journal*, 81, 2786-94.
- Pessoa Jr., O. (2013a). Eventos quânticos e reducionismo causal. *Principia*, 17, 365-81.
- (2013b). Emergência e redução: uma introdução histórica e filosófica. *Ciência & Cultura*, 65, 4, 22-26.
- Purcell, E.M. (1977). Life at low Reynolds number. *American Journal of Physics*, 45, 3-11.
- Rosenberg, A. (1986). Intention and action among the macromolecules. In: Rescher, N. (org.), *Current Issues in Teleology* (pp. 65-76). Lanham (MD): University Press of America.
- Sarkar, S. (2005). *Molecular models of life*. Cambridge: MIT Press.
- Schliwa, M. & Woehlke, G. (2003). Molecular motors. *Nature*, 422, 759-65.
- Smith, C.U.M. (2002). *Elements of Molecular Neurobiology*. New York: Wiley.
- Spudich, J.A. (2006). Molecular motors take tension in stride. *Cell*, 126, 242-4.
- Stokin, G.B. & Goldstein, L.S.B. (2006). Linking molecular motors to Alzheimer's disease. *Journal of Physiology Paris*, 99, 193-200.
- Vale, R.D. & Milligan, R.A. (2001). The way things move: looking under the hood of molecular motor proteins. *Science*, 288, 88-95.
- Welte, M.A. (2004). Bidirectional transport along microtubules. *Current Biology*, 14, R525-R537.

Aplicación del método científico como función de la escala del sistema

*Oswaldo M. Moreschi **

1 ¿Qué es el método científico?

Naturalmente, si deseamos estudiar el uso del *método científico* necesitamos tener un idea precisa del concepto; lo que nos obliga a presentar una versión de trabajo de dicho concepto.

Pero cuando intentamos un estudio detallado del mismo se nos presenta la situación de que es un concepto escurridizo que tiene vida propia; pues en definitiva, parte de su definición es el cómo se lo usa. Es por esto que en esta ocasión, intentamos adentrarnos en la naturaleza misma del método científico, al estudiar su uso en la comunidad contemporánea.

En lo que sigue, entonces, no pretendemos realizar una presentación completa y acabada del concepto del método científico, que está fuera del interés de este artículo, sino que pretendemos presentar una versión de trabajo que nos permita dirigirnos al tema de interés; que está relacionado a la manera que los científicos encararan distintos temas de la ciencia.

El método científico en primer orden

Básicamente lo definimos por medio de una serie de técnicas destinadas a la adquisición de conocimiento que incluyen:

- determinación de un marco conceptual adecuado para estudiar el suceso o problema,
- recolección de la mayor cantidad de información posible sobre el sistema bajo estudio,
 - si el sistema es controlable: realizar tantas mediciones como sean necesarias,
 - si el sistema no está bajo nuestro control: realizar tantas observaciones como sea posible,
- formulación de hipótesis sobre la naturaleza del sistema,
- formulación de leyes sobre los procesos del sistema,
- contrastar experimentalmente o por medio de observaciones las implicaciones de las hipótesis y leyes formuladas,
- estudio de las implicaciones teóricas de las leyes formuladas,
- delimitación del rango de aplicabilidad experimental y teórico de la teoría construida,
- uso exhaustivo del marco teórico conceptual antes de recurrir a un nuevo marco para la explicación de fenómenos nuevos.

Estos procedimientos pueden requerir que uno tenga que repetir alguno de ellos varias veces a lo largo de una particular investigación. Por ejemplo el obtener un contraste

* Universidad Nacional de Córdoba, CONICET

positivo de una hipótesis de trabajo por medio de la observación y la experimentación; puede obligarnos a cambiar el marco conceptual, para logra una formulación consistente de la teoría. El procedimiento iterativo es muy común en las investigaciones. Podríamos esquematizar el avance del conocimiento científico como un reciclaje incesante de este tipo de procedimientos sobre los temas de investigación.

El método científico en segundo orden

Como en toda actividad humana, el investigador, a medida que gana experiencia en su trabajo, va perfeccionando una serie de actitudes que le ayudan a optimizar la toma de decisiones en los procedimientos antes mencionados.

En particular, se asume que: El método científico *funciona*. O sea, realmente se puede incrementar el conocimiento. Esto significa que no podemos dudar ingenuamente sobre el conocimiento ganado. De nada serviría el método científico si no se acompaña de un sistema en que se instruye a los nuevos científicos con el conocimiento ganado hasta el momento.

Esta noción de segundo orden es necesariamente más sutil que la primera y tiene más que ver con las actitudes de los científicos respecto de los conocimientos ya ganados por la metodología de primer orden. Por supuesto que siempre permanece la posibilidad y la necesidad de que el científico cuestione todo; incluso lo que suponía que era conocimiento previo. Somos consientes que esta noción merece una discusión detallada, pero limitaciones de espacio nos impiden explayarnos en demasía. Sin embargo, en alguno de los casos presentados más abajo incluiremos situaciones en la que parte de la problemática, de esta noción de segundo orden, quedará más claramente expuesta.

2 Uso del método científico en escalas físicamente pequeñas

Las leyes físicas vienen normalmente presentadas en término de ecuaciones diferenciales; que por su naturaleza se basan en la estructura a las menores escalas del sistema bajo estudio.

La selección, casualmente de las ecuaciones diferenciales proviene de una aplicación prolija del método científico a estas pequeñas escalas.

Es por esto que precisamente en escalas pequeñas normalmente no se observan alteraciones al uso del método científico, entendido en sus conceptos más sencillos.

Esto no excluye que exista confusión sobre temas escurridizos y que se encuentren afirmaciones que aparentan contradecir al conocimiento ganado por la aplicación del método científico. Pero es debido a lo antedicho que en este trabajo nos enfocaremos más en el comportamiento de la comunidad científica cuando estudia sistemas de mayor escalas a las microscópicas.

En este artículo nos concentramos en ejemplos de naturaleza física que presentan una relación entre observaciones y explicaciones de las mismas; por lo que no mencionamos teorías que todavía no han mostrado relación con las observaciones.

3 Uso del método científico en escalas intermedias

Por escalas intermedias entenderemos aquellas mayores a las microscópicas, pero menores que las cosmológicas. Estudiemos algún ejemplo paradigmático.

Velocidad de los neutrinos medidos en el Gran Sasso

El experimento OPERA ha sido diseñado para realizar un test directo del fenómeno de oscilación de los neutrinos. Este experimento hace uso de haces de neutrinos de los muones de alta intensidad producidos en el CERN, en Ginebra, que apunta hacia el laboratorio bajo tierra LNGS situado en el Gran Sasso, a 730km de distancia en Italia.

En la página oficial del Gran Sasso National Laboratory del 29 de agosto de 2014 se lee:

“The OPERA result is based on the observation of over 15000 neutrino events measured at Gran Sasso, and appears to indicate that the neutrinos travel at a velocity 20 parts per million above the speed of light, nature’s cosmic speed limit.”

En la publicación [arXiv:1109.4897](https://arxiv.org/abs/1109.4897) se pueden ver las distintas versiones de la información de las medidas. En la primer versión se aseguraba que los neutrinos tenían una velocidad v determinada por:

$$\frac{v - c}{c} = (2,48 \pm 0,28(\text{stat.}) \pm 0,30(\text{sys.})) \times 10^{-5}; \quad (1)$$

donde c es la velocidad máxima de las interacciones. Lo más significativo de esta medición es la celeridad con que hicieron pública una medida que violaba una de las leyes universales de la física; esto es, que hay una velocidad máxima de las interacciones. Ley que ha sido corroborada en todas las otras observaciones hasta ese momento.

Es importante aclarar un poco más este punto. Hay sólo dos posibilidades de estructura para las transformaciones entre sistemas inerciales y por lo tanto para la estructura del espaciotiempo[Moreschi, 2000]:

O vivimos en un universo, donde no hay una velocidad máxima de las interacciones y la estructura es Galileana,

O vivimos en un universo, donde hay una velocidad máxima de las interacciones y la estructura es Lorentziana.

Hemos aprendido por medio del método científico que la estructura local del espacio tiempo es Lorentziana y por lo tanto en concordancia con la existencia de una velocidad máxima de las interacciones.

Sin embargo los investigadores de Opera no tuvieron ningún resquemor en anunciar rápidamente una medida de la velocidad de los neutrinos *que excedía la velocidad máxima de las interacciones.*

Es importante remarcar que el tema no era una nueva medida de la velocidad máxima, sino una medida de la *superación* de la misma.

Finalmente, ante la presión de la comunidad, siguieron revisando el experimento y llegaron a otra medida; determinada por:

$$\frac{v - c}{c} = (2, 7 \pm 3, 1(\text{stat.}) \pm 3, 3(\text{sys.})) \times 10^{-6}; \quad (2)$$

donde se nota que el error es mayor que la medida, por lo que esta última medición no contradice la existencia de una velocidad máxima de las interacciones.

Alguien podría argumentar que este anécdota está relacionado más al tema de transmisión de conocimiento que al método científico; pero nosotros incluimos la técnica de transmisión del conocimiento científico dentro de la noción del método en segundo orden. En este caso, por transmisión del conocimiento, queremos significar que alguien podría argumentar que los técnicos y científicos que participaron de la construcción del laboratorio, mediciones y redacción de artículo donde se anuncia la medida de una velocidad mayor que la velocidad máxima de las interacciones, tal vez no tenían tan en claro que está completamente probado por *todas* las observaciones y experiencias anteriores que vivimos en un espaciotiempo con estructura Lorentziana, en vez de Galileana.

Cada marco teórico tiene un rango de aplicabilidad, que viene determinado tanto de consideraciones teóricas como observacionales. Entonces es legítimo dudar de la validez de las leyes universales, fuera de estos rangos donde han sido corroboradas como exitosas. Sin embargo se considera como una desatención al método científico el desafiar la validez de las leyes universales dentro de su rango de aplicabilidad.

4 La aceleración del universo

Deseamos analizar los trabajos sobre la aceleración del universo, por lo que es preciso hacer una introducción a la problemática de cosmología.

En observaciones del universo en gran escala, someramente, podemos distinguir entre sistemas de dimensiones estelares, galácticas, de cúmulos de galaxias, vacíos(voids), etc.

Típicamente se detecta información de luz proveniente de estrellas, explosiones de estrellas, núcleos de galaxias, material interestelar y otros.

Normalmente esta luz viaja por el vacío hasta alcanzar los telescopios usados en las observaciones. Haciendo uso de las ecuaciones de la relatividad general se tiene una imagen de la física asociada que resumimos a continuación.

En un viaje típico de un fotón que llega a nuestros detectores, el mismo soporta acciones donde la curvatura de Weyl es distinta de cero ($W_{abc}{}^d \neq 0$) pero la curvatura de Ricci es cero ($R_{ab} = 0$). Sin embargo es usual en cosmología hacer uso de los modelos de espaciotiempos de Robertson-Walker que asumen exactamente lo opuesto; esto es: que la curvatura de Weyl es cero ($W_{abc}{}^d = 0$) y la curvatura de Ricci es distinta de cero ($R_{ab} \neq 0$). Claramente, entonces no se puede pasar de una descripción a la otra por medio de algún concepto de *promedio de tensores*; dado que el promedio de cero siempre daría cero. De todas formas, en

lo que sigue haremos una breve introducción a las nociones de distancias que aparecen en los estudios de cosmología que hacen uso de las geometrías de Robertson-Walker.

La distancia propia

La distancia propia d_p se define [Weinberg, 1972] como la distancia a $t = \text{constante}$; o sea:

$$d_p \equiv A(t)\chi; \quad (3)$$

donde estamos eligiendo el origen de coordenadas en la posición del observador (la Tierra).

Notar que podemos estimar la velocidad de recesión de las galaxias de la expresión:

$$\frac{v}{c} = \frac{1}{c} \frac{d(d_p)}{dt} = \frac{1}{c} \dot{A}\chi = \frac{1}{c} H_0 d_p; \quad (4)$$

donde se usa la definición del parámetro de Hubble $H_0 \equiv \frac{\dot{A}(t_0)}{A(t_0)}$ y donde hemos introducido la constante C para poder evaluar en las unidades usuales.

Otros autores [Bartelmann and Schneider, 2001] definen la distancia propia $D_p(p_1, p_2)$, de un emisor en el evento p_1 al receptor en el evento p_2 , por

$$D_p(p_1, p_2) = c \int_{t_1}^{t_2} dt = c(t_2 - t_1); \quad (5)$$

El corrimiento al rojo

El corrimiento al rojo z está relacionado al parámetro de expansión por

$$z = \frac{A(t_0)}{A(t)} - 1; \quad (6)$$

donde t_0 es el tiempo presente y t el tiempo de emisión de la luz.

La distancia luminosidad

La distancia luminosidad d_L se define [Weinberg, 1972] por:

$$d_L \equiv \sqrt{\frac{L}{4\pi l}}; \quad (7)$$

donde L es la luminosidad absoluta de la fuente y l la luminosidad aparente. Esta definición proviene de la observación que para un objeto puntual o con simetría esférica, cuando vale la geometría euclidiana, la relación entre luminosidad absoluta y luminosidad aparente está dado por:

$$l = \frac{L}{4\pi d^2}; \quad \text{ast} \quad (8)$$

donde d es la distancia a la fuente. En la discusión usual [Weinberg, 2008], tomando en cuenta los efectos del ángulo que mantiene el telescopio desde la fuente, la variación relativa de tasa de emisión de fotones medidas en la fuente y por el observador, y la diferencia de energía de los fotones emitidos por los observados, se llega a la expresión de la distancia luminosidad en término de la geometría dada por:

$$d_L = A(t_0) f_k(\chi) (1+z) = \frac{A(t_0)^2}{A(t)} f_k(\chi). \quad (9)$$

La distancia angular

La distancia angular se define por:

$$d_A = A(t) f_k(\chi). \quad (10)$$

De aquí se deduce que:

$$\frac{d_A}{d_L} = \frac{A(t)}{A(t_0)(1+z)} = \frac{1}{(1+z)^2} = \left(\frac{A(t)}{A(t_0)}\right)^2. \quad (11)$$

La distancia geométrica

En estudios de lentes gravitacionales y de geometría en general aparece como natural la distancia geométrica d_g . Sobre el cono pasado de luz del observador, se define la distancia geométrica como la distancia afín, cuando el vector nulo geodésico l , se ajusta para que satisfaga

$$g(v, l) = 1; \quad (12)$$

donde v es el cuatrivector velocidad del observador y g la métrica del espaciotiempo. Para el caso de una métrica de Robertson-Walker esto indica que

$$d_g(t, \chi) = \frac{1}{A(t_0)} \int_t^{t_0} A(t') dt'; \quad (13)$$

donde t y χ están relacionados por medio de:

$$\int_t^{t_0} \frac{1}{A(t')} dt' = \int_0^\chi d\chi = \chi. \quad (14)$$

Evidencia de supernovas para un universo acelerado y constante cosmológica

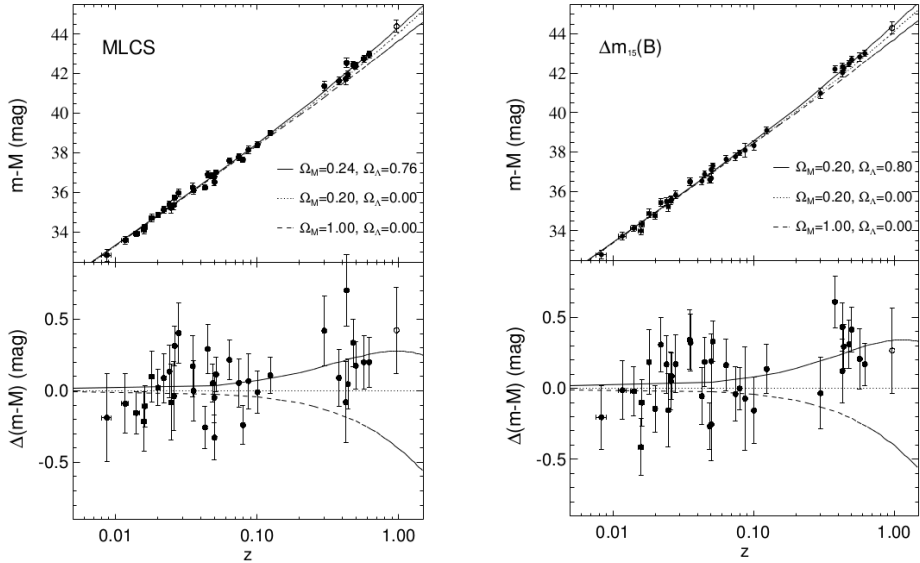


Figura 1: En un célebre (más de 7500 citas) artículo [Riess et al., 1998] de 1998 se publicó evidencia sobre la interpretación de una aceleración del universo y de una constante cosmológica no nula.

Medición(?) de la densidad y constante cosmológica de supernovas distantes

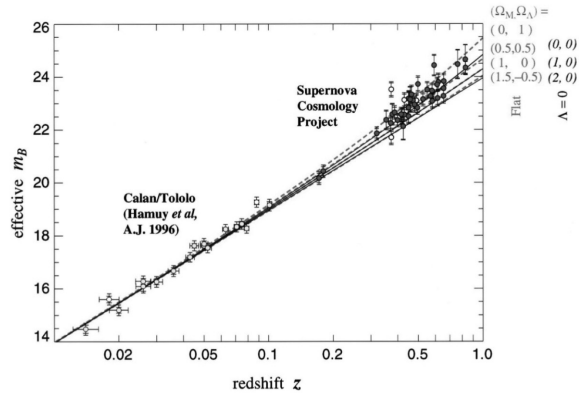


Figura 2: En un célebre (casi 8000 citas) artículo [Perlmutter et al., 1999] de 1999 se anunció la *medición* de la densidad cósmica y la constante cosmológica por medio de mediciones de supernovas distantes.

Lo que merece que se remarque en estos dos trabajos observacionales, es que la información fundamental estudiada, está mostrada en la relación entre la intensidad medida de la luz proveniente de supernovas lejanas con su corrimiento al rojo z . A primera vista, se nota que existe una relación muy cercana a la lineal, cuya dispersión va aumentando en la medida que z aumenta. De esa gran dispersión para los mayores valores de corrimiento al rojo, los autores detectan una leve curvatura de la línea, que les valió el otorgamiento del premio Nobel de física del 2011.

En un ignoto(14 citas) trabajo[Bengochea, 2011] de Bengochea, se señala la problemática del diseño de los ‘fiteadores’ para las curvas de luminosidad de las supernovas; donde en algunos casos se usa el modelo cosmológico que se desea testear en la determinación del ‘fiteador’.

En el trabajo [Smith et al., 2014] se estudia la incidencia de lentes gravitacionales débiles sobre la medición de las supernovas. Si bien utilizan un modelo sencillo de lente gravitacional débil, en su figura 4 encuentran una gran dispersión en el valor de la convergencia a medida que aumenta la distancia. Aunque los autores remarcan en la introducción la importancia que tiene el valor de la convergencia en relación a la luminosidad observada de las supernovas; curiosamente de su estudio no infieren una mayor imprecisión en la ecuación relacionada a la energía oscura.

Sobre toda esta temática detectamos dos tipos de actitudes diferentes en la comunidad. En una de ella se dice que estamos en presencia de un fenómeno que todavía no se entiende y por lo tanto merece mucho más estudio hasta lograr su completo entendimiento. En la otra, se asume que la interpretación de las observaciones es concluyentes y por lo tanto se infiere que existe una aceleración repulsiva en el universo. El hecho de que esta interpretación viole una de las propiedades básica de las interacciones gravitacionales; esto es, que objetos masivos se atraen, es algo que no se le ha dado importancia. Se toma esta violación como algo menor y se comienza la búsqueda de nuevas explicaciones teóricas, que conducen a la temática de la energía oscura (que no se sabe lo que es) para poder ‘explicar’ las mediciones.

En nuestra opinión la primera actitud, de seguir estudiando un conjunto de observaciones que no se entienden; en las que además sabemos que intervienen muchos fenómenos complejos como por ejemplo los efectos de lentes gravitacionales, que todavía estamos investigando y entendiendo, o el complicado ajuste de las curvas de luminosidad de las supernovas, es la actitud normal del cauteloso avance en el conocimiento científico. En vez de la segunda actitud, de inmediatamente saltar a conclusiones espectaculares que implican contradecir el conocimiento ganado sobre la naturaleza de las interacciones gravitacionales, la consideramos un tanto fuera de las indicaciones contenidas en un buen entendimiento del método científico.

5 Resultados de las observaciones del satélite Planck de la radiación cósmica de fondo

Parámetros cosmológicos de la presentación del grupo de Planck

El proyecto Planck involucró cientos de científicos para poner en órbita el satélite que tuvo como misión realizar mediciones más precisas de la radiación cósmica de fondo.

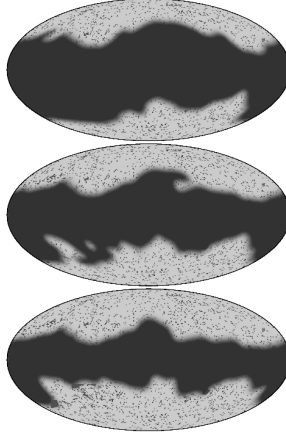


Figura 3: Estos gráficos muestran las máscaras usadas en el estudio de los datos de algunos de los instrumentos del satélite Planck.

La interpretación de los datos de los distintos sensores no es tarea sencilla; dado que como vemos en la figura, existen múltiples fuentes de señal que nada tienen que ver con la radiación cósmica de fondo. Esto fuerza a los investigadores a adoptar decisiones sobre qué hacer con las zonas bloqueadas por otras fuentes.

El ajuste de parámetros cosmológicos publicados por el grupo de Planck involucra la estimación de la dimensión ‘comoving’ $r_S(z_*)$ del horizonte acústico al tiempo de último choque. De los datos observacionales se determina [Ade et al., 2014] la llamada escala acústica, que se define por el tamaño angular $\theta_* = r_S/D_A$; donde $D_A(z_*)$ es la distancia angular.

$$\theta_* = 0,0104148 \pm 0,0000066 = 0,596724^\circ \pm 0,00038^\circ. \quad (15)$$

Los autores usan la notación usual en que el parámetro de Hubble se expresa por $H_0 = h100\text{kms}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$; o sea h contiene la información del valor en término de 100 kilómetros por segundo por megaparsec. Como de costumbre las densidades se refieren al valor de la densidad crítica. Los valores obtenidos para las distintas cantidades son: densidad de materia $\Omega_m h^3 = 0,0959 \pm 0,0006$, densidad bariónica $\Omega_b h^2 = 0,022068$, densidad de materia oscura fría $\Omega_{cdm} h^2 = 0,12029$, densidad de energía oscura $\Omega_\Gamma = 0,6825$, edad del universo $Age = 13,819\text{Gyr}$, corrimiento correspondiente al último choque de fotones $z_* = 1090,43$

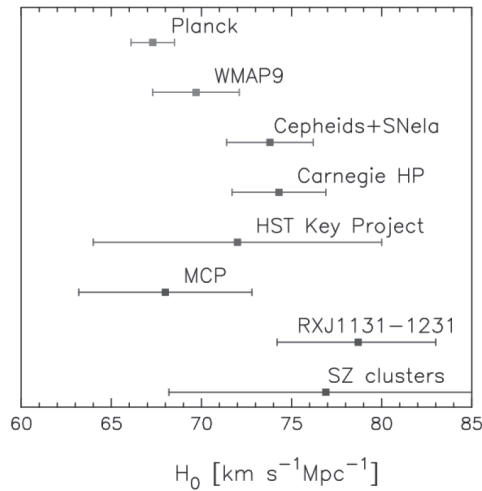
El parámetro de Hubble no se mide directamente sino que lo eligen cuidadosamente con el valor $H_0 = 67,11\text{kms}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$; con lo que obtienen el valor para la densidad de

materia de: $\Omega_m = 0,3175$. Lo anterior implica que:

$$\Omega_m + \Omega_\Gamma = 1,0000; \quad (16)$$

donde se debe enfatizar que este valor tiene 5 cifras significativas. Ninguna de las mediciones anteriores tiene tanta precisión; por lo que queda claro que se elige el valor de H_0 para que la densidad total coincida con la densidad crítica.

En relación con esto cabe mencionar que en el artículo[Ade et@x al., 2014] del grupo Planck, aparece el gráfico



Este gráfico muestra que los valores de H_0 debido al consorcio del satélite Planck, no coincide con al menos tres y casi cuatro de las otras observaciones. Conviene remarcar que las observaciones de Planck no miden directamente a H_0 ; pero sin embargo es un parámetro que entra en la descripción de los datos. La *elección* del valor publicado de H_0 no sólo logra que la suma de las omegas de materia y cosmológica den 1; sino que por ende trae como consecuencia que la curvatura espacial se anula.

Esta decisión de elegir el valor de H_0 basados en un prejuicio de lo que debe ser la geometría espacial del universo dista mucho de la concepción de método científico descrito anteriormente.

6 Inflación en el universo

¿Qué es el proceso inflacionario en el universo?

En el proceso inflacionario se postula una fase que ocurrió alrededor de unos 10^{-35} segundos luego de la gran explosión. Se cree que llenó al universo con una clase de energía llamada

energía del vacío; y como consecuencia de ello (que se asemeja a los efectos de una constante cosmológica), *la gravitación se tornó repulsiva* por un lapso de unos 10^{-32} segundos; produciendo una expansión por un factor aproximado de 10^{50} .

¿Por qué se le ocurrió a físicos de partículas postular un proceso como este?

El argumento es que *resuelve* algunos problemas. El título del artículo[Guth, 1981] de Guth es: “*Inflationary universe: A possible solution to the horizon and flatness problem*”

El problema del horizonte es la búsqueda de una explicación de por qué cuando se observa la radiación cósmica de fondo en partes de la esfera celeste que se supone están causalmente desconectadas, tienen un aspecto tan parecido, con cinco cifras significativas.

El llamado problema de la “llanura”, es algo que no compartimos, pero su argumento es algo así: las ecuaciones de campo para un universo homogéneo e isotrópico son

$$\begin{aligned} A \frac{d^2 A}{dt^2} &= -\frac{4\pi G}{3c^2} (\rho c^2 + 3p) A^2 \\ \left(\frac{dA}{dt} \right)^2 + kc^2 &= \frac{8\pi G}{3c^2} \rho c^2 A^2. \end{aligned}$$

No se observa ningún problema, hay que buscarlo. La segunda ecuación es la llamada ecuación de Friedman, que originalmente no presenta problema. Pero si dividimos por A^2 e identificamos el parámetro de expansión de Hubble $H = \frac{\dot{A}}{A}$, donde punto significa derivada temporal, se tiene

$$H^2 + \frac{kc^2}{A^2} = \frac{8\pi G}{3} \rho. \quad (17)$$

Notar que cuando $A \rightarrow 0$, que coincide con $t \rightarrow 0$; los tres términos divergen; pero usualmente eso no se asocia con un problema. Notar que en particular, en ese límite $\left(H^2 - \frac{8\pi G}{3} \rho \right) \rightarrow \infty$; a no ser que $k = 0$. Esto tampoco parece un problema.

Pero si dividimos por H^2 , hay gente que tiene problemas; pues ahora se tiene:

$$1 + \frac{kc^2}{A^2 H^2} = \frac{8\pi G}{3H^2} \rho. \quad (18)$$

En el artículo de Guth[Guth, 1981] de 1981 se argumenta: ‘el valor inicial de la constante de Hubble debe ser elegida con extremada precisión para producir un universo tan plano (i.e., cerca de la densidad crítica) como el que vemos hoy (el problema de la llanura)’.

Este enredo argumentativo es solamente eso y no compartimos que pueda ser usado como justificativo para crear un modelo teórico con infinidad de problemas.

El problema del horizonte es intrigante. Pero sin recurrir a nuevos mecanismos lo primero

que se debe hacer es comprender todas las consecuencias de estar en un universo que tiene una singularidad inicial. En el trabajo [Moreschi, 1999], se realizó un cálculo del comportamiento de la densidad de entropía a medida que uno se acerca a la singularidad inicial, y se pudo probar que en realidad la densidad de entropía *tiende a cero* en vez de *diverger*; como dice el modelo estándar cosmológico. Esto tiene como consecuencia que la libertad de elección de los datos iniciales, desde un punto de vista termodinámico, tienden a cero; dado que la cantidad de información contenida en cualquier sistema está asociado a su entropía.

El hecho que el trabajo mencionado no haya sido tomado en cuenta por la comunidad que estudia la especulación de una fase inflacionaria, no nos preocupa tanto como el hecho que dicha especulación tiene infinidad de problemas sin solución. El más básico problemas de todos es que explica la homogeneidad e isotropía del universo asumiendo un mecanismo que necesita homogeneidad e isotropía para poder presentarlo. El segundo es que asume la existencia de un campo que no tiene relación con ninguna observación anterior. Es necesario asumir con mucha precisión la forma de los potenciales que deben ser usados para la descripción del campo fundamental. Dado que la singularidad inicial se sigue asumiendo de carácter espacial los mecanismos dinámicos, a posteriori, jamás podrán explicar los datos iniciales. En una interesante presentación en la reunión Grav11, un colega presentó la opción de permitir *que las ecuaciones de la gravitación no valgan* por un período de tiempo cósmico para poder *‘salvar’* a la inflación.

Sin embargo los modelos inflacionarios gozan de gran popularidad en la comunidad de cosmología, al punto que es difícil encontrar discusiones de alternativas.

Como los modelos inflacionarios están asociados a una curvatura espacial plana, todas las observaciones, incluidas las últimas del satélite Planck, de la radiación cósmica de fondo, ajustan sus valores para que siempre se obtenga $k = 0$.

Se debe remarcar que en un modelo cosmológico donde se asume la homogeneidad e isotropía del espacio, existen sólo tres posibilidades para el aspecto espacial de la curvatura. El signo y valor de la curvatura están asociados al parámetro k ; que sólo puede tomar los valores 1 , 0 o -1 . Por lo tanto no es comparable a una variable que uno pueda medir con algún grado de precisión; sino que es una característica de nuestro universo temprano que sólo puede tener uno de estos tres valores discretos; lo que determina por completo el aspecto global de la geometría cósmica.

Desde un punto de vista observacional, la posibilidad de que k sea cero está asociada a la posibilidad de medir con *infinita* precisión tanto la velocidad de expansión del universo como la densidad de la materia. Como tal medición no se puede realizar con infinita precisión, la probabilidad de que $k = 0$, *es cero*. Dicho de otro modo, usando la jerga cosmológica: Con un grado de confianza del 100% podemos asegurar que $k \neq 0$.

La defensa de los modelos inflacionarios por lo tanto se asemeja más a actos de fe que a actitudes encuadradas en el método científico.

7 Comentarios finales

En este trabajo, por medio de ejemplos, hemos presentado la tesis de que en realidad existe una costumbre asumida por la comunidad científica que implica que se puede, y se realiza, una relajación de la manera usual en que se aplica el método científico cuando se emplea en sistemas cuyas escalas son cada vez más grandes. Lo entendemos como una observación curiosa del comportamiento de la comunidad.

La presentación en esta conferencia de Bruno Borge, contiene un estudio de las discusiones entre Stathis Psillos y van Fraassen sobre la inferencia a la mejor explicación. Nuestra presentación puede ser relacionada con este tema, dado que un uso poco apropiado del método científico se lo puede asociar al concepto del mal lote de explicaciones de observaciones.

Hemos elegido algunos ejemplos paradigmáticos, pero la lista podría ser mucho mayor.

Las observaciones que presentamos no deben entenderse como la negación a ideas nuevas, incluso que cambien los marcos teóricos existentes; estamos preparados para eso. Sin embargo nos preocupa que incluso las técnicas de interpretación de las observaciones tengan un velo en el que se deba imponer el modelo predominante del momento; en vez de usarse técnicas independientes de modelos que permitan comparar las observaciones con distintos modelos de la realidad.

No podemos terminar sin agradecer las valiosas críticas del Referee anónimo que provocó una considerable mejora de la presentación.

Bibliografía

- ADE, P. ET AL. (2014). Planck 2013 results. XVI. Cosmological parameters. *Astron.Astrophys.*, 571:A16, 1303.5076.
- BARTELMANN, M. AND SCHNEIDER, P. (2001). Weak gravitational lensing. *Phys.Rept.*, 340:291–472, astro-ph/9912508.
- BENGOCHEA, G. R. (2011). Supernova light-curve fitters and Dark Energy. *Phys.Lett.*, B696:5–12, 1010.4014.
- GUTH, A. (1981). Inflationary universe: A possible solution to the horizon and flatness problem. *Phys. Rev. D*, 23:347.
- MORESCHI, O. M. (1999). Causal statistical mechanics calculation of initial cosmic entropy and quantum gravity prospects. *Int.J. Theo. Phys.*, 38(4):1373–1983.
- MORESCHI, O. M. (2000). *Fundamentos de la Mecánica de Sistemas de Partículas*. editorial Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba.
- PERLMUTTER, S. ET AL. (1999). Measurements of Omega and Lambda from 42 high redshift supernovae. *Astrophys.J.*, 517:565–586, astro-ph/9812133.
- RIESS, A. G. ET AL. (1998). Observational evidence from supernovae for an accelerating universe and a cosmological constant. *Astron.J.*, 116:1009–1038, astro-ph/9805201.
- SMITH, M. ET AL. (2014). The Effect of Weak Lensing on Distance Estimates from Supernovae. *Astrophys.J.*, 780:24, 1307.2566.
- WEINBERG, S. (1972). *Gravitation and cosmology: principles and applications of the general*

theory of relativity. John Wiley & Sons, New York.
WEINBERG, S. (2008). *Cosmology*. Oxford University Press, Oxford.

¿Es la negación de la lógica clásica una verdadera negación?

Carlos Alejandro Oller*

1. Introducción

Se ha argumentado que una negación “genuina” es un operador formador de contradictorios y que, por definición, dos oraciones son contradictorias si y sólo si es lógicamente imposible que ambas sean verdaderas y lógicamente imposible que ambas sean falsas. Estas dos premisas se han utilizado para argumentar que los operadores de negación de ciertas lógicas paraconsistentes no son negaciones “reales” porque permiten que una oración y su negación sean ambas verdaderas. En este trabajo sostendremos que el mismo tipo de argumento puede ser dirigido contra el operador de negación de la lógica clásica. Con este fin, se utilizará el resultado de Carnap que muestra que hay modelos de la lógica proposicional clásica con interpretaciones no estándar o no normales de las conectivas. Una valuación no normal de ese tipo, que puede añadirse al conjunto de valuaciones clásicamente admisibles sin alterar el conjunto de teoremas o el conjunto de consecuencias válidas, asigna el valor de verdad *verdadero* a cada fórmula bien formada del lenguaje y, por lo tanto, asigna un valor designado a cada fórmula y a su negación. Finalmente, reflexionaremos sobre las consecuencias de este resultado para la afirmación de que la negación de la lógica clásica es un operador formador de contradictorios.

2. Negaciones “genuinas” y paraconsistentes

Se ha sostenido que una negación “genuina” es un operador formador de contradictorios. Teniendo en cuenta que, de acuerdo con la definición semántica de “contradictorio”, dos oraciones son contradictorias si y sólo si es lógicamente imposible que ambas sean verdaderas y lógicamente imposible que ambas sean falsas, algunos autores han argumentado que los operadores de negación de ciertas lógicas paraconsistentes —es decir, lógicas que no validan la regla del *ex contradictione quodlibet* (ECQ): $\{A, \neg A\} \models B$, para todo A y B — no son negaciones “reales” porque permiten que una oración y su negación sean ambas verdaderas.

En un artículo muy citado Hartley Slater (Slater, 1995) sostiene que la negación de la lógica paraconsistente LP (*lógica de la paradoja*) de Graham Priest (Priest, 1979) no es una verdadera negación porque en la semántica trivalente para LP hay dos valores de verdad designados: t (sólo verdadero), y b (tanto verdadero como falso), y tanto A como $\neg A$ pueden recibir el valor designado b en LP . Irónicamente, algunos años antes, Richard Routley y Graham Priest (Priest & Routley, 1989) habían dirigido una crítica similar contra el operador de negación de la lógica paraconsistente C_1 de da Costa y habían llegado a la conclusión que la negación de da Costa no era más que un operador formador de subcontrarios —es decir, que una oración y su negación de da Costa no pueden ser ambas falsas, aunque pueden ser ambas verdaderas—.

* Universidad de Buenos Aires / Universidad Nacional de la Plata

El siguiente argumento —el argumento de Slater contra las negaciones paraconsistentes tal como lo reconstruye Francesco Paoli (Paoli, 2003)— resume lo anterior:

(1) Dos oraciones contradictorias no puede ser ambas verdaderas.

(2) Una oración y su negación son contradictorias.

(3) Si L es una lógica paraconsistente, entonces en la semántica para L hay valuaciones que asignan tanto a A como a $\neg A$ un valor designado, para alguna fórmula A .

(4) Si A y B reciben un valor designado bajo alguna valuación v en la semántica de L , entonces A y B pueden ser verdaderas ambas al mismo tiempo de acuerdo con L .

(5) En las lógicas paraconsistentes, A y $\neg A$ pueden no ser oraciones contradictorias (de (1), (3), (4)).

(6) Por lo tanto, las “negaciones” paraconsistentes no son verdaderas negaciones (de (2), (5)).

3. Negación clásica y modelos no estándar de la lógica clásica

En esta sección vamos a argumentar que el mismo tipo de argumento que Slater dirige contra las negaciones paraconsistentes puede dirigirse contra el operador de negación de la lógica proposicional clásica. Con este fin, utilizaremos el resultado de Carnap que prueba que hay modelos de la lógica proposicional clásica con interpretaciones no estándar o no normales de las conectivas.

En su *Formalization of Logic* Carnap trató de resolver lo que él llamó *el problema de una formalización completa de la lógica (de primer orden)*, es decir, “si —y, de qué modo— es posible construir un cálculo (...) de tal manera que los principales signos lógicos puedan interpretarse sólo de la manera normal” (Carnap, 1943, p.3). Después de demostrar que las formalizaciones habituales de la lógica de primer orden no logran la deseada formalización completa, Carnap introduce una presentación de la lógica elemental que admite múltiples conclusiones y que él sostiene que cumple ese objetivo, a pesar de que Alonzo Church en su reseña del libro de Carnap manifiesta su escepticismo y conjetura que “las interpretaciones no normales del cálculo de proposiciones se pueden excluir solamente mediante reglas semánticas (en contraste con las reglas puramente sintácticas)” (Church, 1944, p. 496).

Los resultados de Carnap demuestran que existen valuaciones bivalentes correctas —con respecto, por ejemplo, a las reglas de deducción natural estándar para lógica proposicional clásica— que no se ajustan a las tablas de verdad clásicas para las conectivas. Un tipo de valuaciones no normales viola el principio semántico de no contradicción, que requiere de una oración y su negación que al menos uno de ellas sea falsa. Carnap demostró que la única valuación bivalente no normal (correcta) de este tipo es la valuación v_{\perp} que asigna el valor de verdad t (verdadero) a cada fórmula del lenguaje, es decir, para toda fórmula A , $v_{\perp}(A) = t$. Sea \mathcal{V} el conjunto de valuaciones estándar clásicamente admisibles y \mathcal{V}' un conjunto extendido de valuaciones bivalentes admisibles tal que $\mathcal{V}' = \mathcal{V} \cup \{v_{\perp}\}$. Es fácil demostrar que estos dos conjuntos diferentes de valuaciones admisibles determinan la misma relación de

consecuencia —en símbolos, $\Gamma \models_{\mathcal{V}} A$ si y sólo si $\Gamma \models_{\mathcal{V}'} A$, para cada conjunto de fórmulas Γ y cada fórmula A — y, por lo tanto, el mismo conjunto de verdades lógicas y inferencias válidas. Aunque esto puede resultar sorprendente, la explicación es trivial: como la valuación agregada \mathcal{V}_T verifica cualquier fórmula, no puede crear contraejemplos de las tautologías clásicas ni de la validez de las inferencias clásicamente válidas. Y \mathcal{V}_T tampoco puede agregar nuevas tautologías o nuevas inferencias válidas, ya que es posible ofrecer contraejemplos de la tautologicidad de esas fórmulas y de la validez de esas inferencias usando las valuaciones clásicas pertenecientes a \mathcal{V} .

Por su parte, las valuaciones del otro tipo de interpretaciones no normales violan las reglas semánticas que prescriben que la negación de una oración falsa debe ser verdadera y que una disyunción es falsa si sus dos disyuntos son falsos. Un ejemplo de una valuación de este segundo tipo es el que asigna el valor de verdad *verdadero* a aquellas fórmulas que son teoremas de la lógica proposicional clásica y *falso* a aquellas fórmulas que no son teoremas de la lógica proposicional clásica.

El interés por el descubrimiento de Carnap de los modelos no estándar para la lógica clásica ha renacido en los últimos años en relación con la polémica en torno a la tesis inferencialista que sostiene que los significados de las constantes lógicas están totalmente determinados por sus reglas de introducción y eliminación en un sistema de deducción natural (Raatikainen, 2008) (Murzi y Hjortland, 2009). En efecto, el nuevo conjunto de valuaciones admisibles \mathcal{V}' hace patente, entre otras cosas, que las reglas de deducción natural para la negación clásica infradeterminan el significado intuitivo de esta conectiva. El significado de la negación, tal como este es caracterizado por las tablas de verdad clásicas, impide que tanto una fórmula A como su negación $\neg A$ reciban el mismo valor de verdad *verdadero*. Sin embargo, como se ha mostrado, esas reglas son compatibles con esta interpretación no normal de la negación clásica.

Pero, como trataremos de mostrar en lo que sigue, esos modelos no estándar también resultan relevantes para la discusión de la caracterización filosóficamente adecuada de nociones metalógicas —tal como la de la relación de contradicción— y su relación con los diferentes tipos de negación. En efecto, teniendo en cuenta los resultados de Carnap, es posible construir la contraparte para la negación clásica del argumento de Slater contra negaciones paraconsistentes:

- (1) Dos oraciones contradictorias no pueden ser ambas verdaderas.
- (2) Una oración y su negación son contradictorias.
- (3) Existe una semántica bivalente (no estándar) correcta y completa para la lógica clásica en la que hay una valuación que asigna tanto a A como a $\neg A$ el valor designado, para cada fórmula A .
- (4) Si A y B ambos reciben el valor designado, bajo alguna valuación \mathcal{v} , en una semántica bivalente adecuada para la lógica clásica, entonces A y B pueden ser ambas verdaderas.
- (5) En la lógica clásica, A y $\neg A$ no pueden ser contradictorias (de (1), (3), (4)).
- (6) Por lo tanto, la negación clásica no es una negación genuina (a partir de (2), (5)).

4. ¿Es la negación clásica un operador formador de contradictorios?

Con el fin de reflexionar sobre las consecuencias de los resultados de Carnap para el caso en contra de la negación clásica como un operador que forma contradictorios se necesita especificar las definiciones de “negación”, “contradictorios” y “lógica (proposicional) clásica”. En lo que respecta a la caracterización de la relación de contradictoriedad, se ha señalado que es posible encontrar en la literatura al menos cuatro enfoques diferentes de la noción de contradictoriedad (Grim, 2004): definiciones semánticas en términos de posibilidad, verdad y falsedad; definiciones sintácticas en términos de forma; definiciones pragmáticas en términos de afirmación y negación; y definiciones ontológicas en términos de estados de cosas.

En su argumento contra las negaciones paraconsistentes Slater utiliza una noción semántica de contradictoriedad y supone que las negaciones auténticas son operadores formadores de contradictorios. Pero hay que señalar que esta definición semántica de “contradictorios” —dos oraciones son contradictorias si y sólo si es lógicamente imposible que ambas sean verdaderas y lógicamente imposible que ambas sean falsas— no involucra a las nociones de negación o de lógica clásica, dos nociones cuya caracterización es ciertamente problemática. Como ha señalado Dutilh Novaes (Dutilh Novaes, 2007), la idea de la negación como un operador formador de contradictorios es un desarrollo bastante reciente en la historia de la lógica y un examen de esa historia muestra que la noción sintáctica de negación y la noción semántica de contradicción puede concebirse como nociones mutuamente independientes. De hecho, Novaes señala que la noción de contradicción en la lógica aristotélica no tiene una contraparte proposicional sintáctica directa, puesto que la negación de Aristóteles es una negación de términos y, por lo tanto, no es una negación proposicional. Es sólo en el siglo XX que la noción de la negación como un operador proposicional formador de contradictorios se ha convertido en el concepto predominante de negación y el origen de esta concepción puede encontrarse en la noción de Frege de la negación como una función que asigna lo Falso a lo Verdadero y lo Verdadero a lo Falso. Este concepto de la negación proposicional como contraparte sintáctica de la noción semántica de contradictoriedad se expresa claramente en el siguiente pasaje de los *Principia Mathematica* de Whitehead y Russell:

The Contradictory Function with argument p , where p is any proposition, is the proposition which is the contradictory of p , that is, the proposition asserting that p is not true. This is denoted by $\neg p$. Thus $\neg p$ is the contradictory function with p as argument and means the negation of the proposition p . It will also be referred to as the proposition not- p . Thus $\neg p$ means not- p , which means the negation of p . (Whitehead & Russell, 1910, p. 6)

Dutilh Novaes concluye que, dado que la mayoría de las nociones de negación que es posible encontrar a lo largo de la historia de la lógica no la conciben como un operador formador de contradictorios, el argumento de Slater no es sólido —porque una de sus premisas no es verdadera— y que, por lo tanto, la negación paraconsistente de Priest resulta, al menos en principio, una negación tan genuina como cualquier otra.

La defensa de Dutilh Novaes de las negaciones paraconsistentes puede utilizarse, *mutatis mutandis*, para dar cabida a las interpretaciones no normales de la lógica proposicional de Carnap que permiten que una fórmula y su negación sean ambas verdaderas. En efecto, ese punto de vista nos permite aceptar la siguiente afirmación de Slater, que éste dirige como una crítica a Priest: “...[Priest] tries to show that Boolean negation likewise involves an operator for which the truth of $\neg\alpha$ does not rule out that of α . But, even if this was true, it would merely show that Boolean negation was not a contradiction-forming operator” (Slater, 2007, p. 458). Dadas las premisas que Slater acepta y teniendo en cuenta la existencia de las valuaciones no normales de Carnap, esta pareciera ser una conclusión sensata que Slater podría extraer también con respecto a la negación de la lógica clásica. Sin embargo, si las negaciones que son operadores formadores de contradictorios son sólo uno de los tipos de negaciones (reales), el hecho de que de acuerdo a la definición semántica estándar de la relación de contradictoriedad, la negación clásica no sea un operador formador de contradictorios —porque es posible asignar el valor designado, para cada fórmula A , tanto a A como a $\neg A$ en el marco de una semántica bivalente correcta y completa para una presentación de deducción natural de la lógica clásica— no nos obliga a aceptar que no sea una verdadera negación.

Por supuesto, se puede tratar de eludir los resultados de Carnap caracterizando a la lógica proposicional clásica como la lógica determinada por los modelos clásicos estándar —es decir, como el conjunto de verdades lógicas e inferencias válidas determinado por esos modelos— y a la negación clásica como la conectiva formadora de contradictorios caracterizada por su tabla de verdad bivalente estándar. Pero esta estrategia parece cometer una petición de principio: se supone lo que necesita ser demostrado, es decir, que no hay una semántica (bivalente) cabal para la lógica proposicional clásica que permita que una fórmula y su negación sean ambas verdaderas. Los modelos no estándar de Carnap parecen proporcionar una semántica de ese tipo y, dado que esos modelos determinan el mismo conjunto de verdades lógicas e inferencias válidas que los modelos clásicos estándar, la carga de la prueba recae sobre aquellos que sostienen que estos resultados no conciernen a la negación clásica o a la lógica clásica. Son ellos quienes deben hacer explícita la diferencia —y la relevancia de esa diferencia— entre los modelos estándar y los modelos no estándar que justifica su rechazo de la importancia de estos últimos para la disputa acerca de la naturaleza de la negación.

Conclusión

El interés por los resultados de Carnap sobre los modelos no estándar de la lógica clásica ha renacido en los últimos años por su relación con la controversia suscitada por la tesis inferencialista que sostiene que los significados de las constantes lógicas está completamente determinado por sus reglas de introducción y eliminación en un sistema de deducción natural. Pero, como hemos tratado de mostrar en este trabajo, esos modelos no estándar son también relevantes para la discusión acerca de la caracterización filosóficamente adecuada de una noción metalógica como la de contradictoriedad y su relación con los diferentes tipos de negación.

Bibliografia

- CARNAP, R. (1943). *Formalization of Logic*. Cambridge (Mass.): Harvard University Press.
- CHURCH, A. (1944). Review of Carnap's *Formalization of Logic*. *The Philosophical Review*, 53, 493-498.
- DUTILH NOVAES, C. (2007). Contradiction: the real challenge for paraconsistent logic. En J.Y. Béziau, W.A. Carnielli & D. Gabbay (eds.), *Handbook of Paraconsistency* (pp. 465-480). London: College Publications.
- GRIM, P. (2004) What is a Contradiction?. En G. Priest, J. C. Beall & B. P. Armour-Garb (eds.), *The Law of Non-Contradiction : New Philosophical Essays* (pp. 49—72). Oxford: Oxford University Press.
- MURZI, J. & HJORTLAND, O.T. (2009). Inferentialism and the Categoricity Problem: Reply to Raatikainen. *Analysis*, 69, 480-488.
- PAOLI, F. (2003). Quine and Slater on paraconsistency and deviance. *Journal of Philosophical Logic*, 32, 531–548.
- PRIEST, G. (1979). The logic of paradox. *Journal of Philosophical Logic*, 8, 219–241.
- PRIEST, G. & R. ROUTLEY (1989). Systems of paraconsistent logic. En G. Priest, R. Routley, & J. Norman (eds.) *Paraconsistent logic: Essays on the inconsistent* (pp. 151-186). Munich: Philosophia.
- RAATIKAINEN, P. (2008). On Rules of Inference and the Meanings of Logical Constants. *Analysis*, 68, 282-287.
- SLATER, B.H. (1995). Paraconsistent logics?. *Journal of Philosophical Logic*, 24, 451–454.
- SLATER, B.H. (2007) Dialetheias Are Mental Confusions. En Béziau, J-Y, Carnielli, W. & Gabbay, D.(eds.) *Handbook of Paraconsistency* (pp. 457-466). London: King's College.
- WHITEHEAD. A.N. & B. RUSSELL (1910). *Principia Mathematica, Volume I*. Cambridge: Cambridge University Press.

La medicina evolutiva, una historia de encuentros y desencuentros entre la biología evolutiva y las prácticas y la educación médicas

*Alberto Felipe Onna**

In memoriam de A. Guillermo Boido

Introducción

Desde la Antigüedad ha existido una estrecha relación entre las ciencias biológicas y la medicina. Ambos campos de saberes se vieron influidos mutuamente de modo tal que han confluído mancomunadamente en la elaboración y modificación de conceptos básicos tales como vida, naturaleza, salud, enfermedad, muerte, organismo, herencia, evolución, etc.

Sin embargo, algunas de las ideas científicas como el caso de la teoría de la evolución fueron objetadas y resistidas tanto en las propias ciencias biológicas como en la medicina. En la actualidad, la aceptación de la teoría de la evolución reviste un consenso mayoritario para el caso de la biología, no así para el de la medicina donde su incorporación al corpus de conocimientos médicos ha sido relativamente tardía y es todavía parcial. La escasa presencia de contenidos educativos sobre evolución en la formación médica refleja y contribuye a mantener la situación recién mencionada.

Este trabajo pretende trazar un breve bosquejo histórico de la medicina evolutiva y dar cuenta del estado general de discusión actual acerca de la aplicación de la teoría evolutiva en diversas áreas de la medicina en las que se han generado algunas interpretaciones evolucionistas ante las problemáticas específicas de las especialidades médicas

¿Qué podemos entender por medicina evolutiva o darwiniana?

La percepción de que la ausencia total o parcial del enfoque evolutivo aplicado a los saberes y prácticas médicas resulta un factor negativo para el desarrollo armónico de las teorías biomédicas indujo a algunos autores a intentar paliar estas falencias. Ese fue el caso del biólogo evolutivo George Christopher Williams (1926-2010) y el psiquiatra Randolph M. Nesse (1948-), quienes elaboraron una propuesta que condujo a la aparición y posterior consolidación de una corriente conocida bajo la denominación de medicina darwiniana o medicina evolutiva (Williams & Nesse, 1991; Nesse & Williams, 1994).

Podemos entender a la medicina evolutiva como una corriente que intenta emplear como ciencia básica a la biología evolutiva para ponerla al servicio de la medicina y la salud pública.

La teoría de la evolución biológica por medio de la selección natural constituye un eje vertebrador de la biología actual. Se la ha considerado una teoría insoslayable al momento de abordar el estudio de la vida, su origen y desarrollo (Dobzhansky, 1973). Las ciencias biomédicas,

* Universidad de Buenos Aires

en tanto ciencias basadas en la biología no han permanecido al margen de la influencia de la teoría evolutiva. Si bien esa influencia presentó altibajos a lo largo de los últimos 150 años, en las últimas décadas ha dado lugar al surgimiento de la medicina evolutiva, de sostenido desarrollo al presente y con muchas aplicaciones aún sin explorar.

Dicha tendencia queda registrada en recientes textos universitarios de amplia repercusión al aparecer breves caracterizaciones de las aplicaciones de la medicina evolutiva, así como de las ventajas que la inclusión de la temática evolutiva en la currícula médica acarrearía en la formación de los profesionales de la salud (cfr. Futuyama, 2013: 646-650). Asimismo, aún podemos encontrar expresiones lapidarias en torno a la medicina evolutiva en textos recientes como el de Milton Gallardo, quien culmina su obra señalando: “En resumen, las diferencias interindividuales tienen raíces históricas y sociológicas, de modo que el reduccionismo sociobiológico y sus apéndices como la ‘ética biológica’ fomentada por el Foro de la Familia, de Estados Unidos y la ‘medicina darwiniana’ son meros ejercicios de futilidad.” (Gallardo, 2011:450).

Breve reseña histórica de los avatares entre el evolucionismo y la medicina desde el siglo XIX al presente

Un Darwin, el doctor Erasmo, ignorando por supuesto que su propio nieto permitiría adjetivar una corriente de la Medicina siglos después, escribió en el primer párrafo de su obra *Zoonomia* de 1794-1796 lo siguiente:

“El propósito de las páginas siguientes representa un esfuerzo para reducir los hechos que pertenecen a la vida animal en clases, órdenes, géneros y especies, y por comparación cada uno de ellos con los otros, desentrañar así la teoría de las enfermedades.” (Darwin, 1796: 1)

En esa declaración inicial de la obra de Erasmo Darwin, se expresa la intención de poner los estudios acerca de los seres vivos de la Historia Natural al servicio de la medicina.

En el siglo siguiente se desarrolla la teoría de la evolución biológica, de la que fue principal impulsor Charles Robert Darwin a partir de la publicación de *El origen de las especies* en 1859. Desde entonces se ha establecido un tortuoso camino signado por encuentros y desencuentros entre la biología evolutiva y la medicina.

A partir de que Darwin publicara su teoría de la evolución, muchos médicos que simpatizaron con la teoría comenzaron a aplicar el darwinismo para entender el origen de las enfermedades. El propio Darwin apeló a los tratados médicos que estudiaban las enfermedades hereditarias para ejemplificar sus estudios sobre las variaciones de los animales y las plantas bajo domesticación (Darwin, 1868, 1905: 531y ss.).

Como consecuencia de ello durante el período 1880-1940 aparecieron publicaciones que intentaban explicar las enfermedades como caracteres deletéreos que la selección natural no había podido eliminar, constituyendo tales posturas los fundamentos de las corrientes

eugenésicas surgidas en Gran Bretaña y los Estados Unidos de América. A ese período Fabio Zampieri lo denomina “darwinismo médico” para separarlo conceptualmente del posterior período de la “medicina darwiniana”, cuyo enfoque contemporáneo analiza la enfermedad como resultado de vulnerabilidades construidas y mantenidas o no por la selección natural (Zampieri, 2009: 13).

Tanto el darwinismo médico como la posterior medicina evolutiva o darwiniana abordaron similares temáticas: la disposición genética para desarrollar ciertas enfermedades (hereditarias), las enfermedades vinculadas a la civilización (comportamientos sociales patogénicos, influencias ambientales del medio social ciudadano, etc.) y la evolución de las enfermedades infecciosas.

El enfoque adoptado por el darwinismo médico partió de dos conceptos médicos: *diátesis* y *constitución*, desarrollados durante el siglo XIX. La *diátesis* (disposición) se define como “el estado del organismo en el cual los tejidos reaccionan de un modo especial ante ciertos estímulos extrínsecos y aumenta la predisposición del individuo para contraer ciertas enfermedades”; mientras que por *constitución* se entiende como la “conformación o hábito funcional del organismo, determinado por los caracteres genéticos, bioquímicos y fisiológicos del individuo y modificado en gran parte por factores ambientales” (Diccionario de Ciencias Médicas Dorland, 1983: 381 y 313 respectivamente).

Tales conceptos se aplicaron intentando explicar por qué ciertos individuos se enferman. Pero en la medida en que el antiguo humorismo galénico fue reemplazado definitivamente hacia mediados del siglo XIX por el *solidismo* (caracterización de las enfermedades por la afectación de las partes sólidas) y el *localicismo* patológico y clínico (caracterización de las enfermedades por la afectación de los órganos o vísceras en sitios bien localizados) y cuando la fisiología y la microbiología consolidaron la medicina experimental y afianzaron el paradigma de la biología funcional aplicado a la medicina, los términos diátesis y constitución entraron en desuso. En síntesis, al extenderse el programa fiscalista newtoniano a la medicina con la intención de convertirla en “medicina científica, a partir del siglo XIX se fueron incorporando sucesivamente tres mentalidades médicas: la anatomoclínica (con sesgo morfológico), la fisiopatológica (orientada hacia los procesos mórbidos) y la etiopatológica (centrada en las causas externas, principalmente microbiológicas) (Laín Entralgo, 1978: 464 y ss.). Sin embargo hacia 1880, los conceptos de corte vitalista del enfermar antes mencionados fueron reflatados a partir, en parte, del crecimiento de la teoría darwiniana, y en parte, a una lucha en la que la diátesis y la constitución argumentaron a favor de la importancia de causas constitucionales internas de la enfermedad, en oposición al paradigma microbiológico impuesto por la teoría de los gérmenes. (Zampieri, 2008).

Entre 1880 y 1940 el darwinismo médico explicaba la persistencia hereditaria de enfermedades constitucionales y diátesis en términos de individuos que escaparon de la selección natural. Eran vistos como variaciones hereditarias negativas producidas continuamente variabilidad biológica; y por lo tanto, dicha variabilidad negativa era el precio que habría de pagarse por la construcción de adaptaciones evolutivas.

Hasta mediados del siglo XIX era común concebir que las enfermedades de la civilización dependían sólo del medio ambiente. Con el surgimiento del darwinismo, se comenzó a considerar también a la herencia como la causa de tales enfermedades. El concepto de la degeneración hereditaria convirtió en la clave para entender la multitud de individuos mal adaptados y enfermos que la nueva sociedad industrial generaba, y se fue considerada un mal necesario del progreso que impulsaba la sociedad decimonónica. Esas enfermedades dependían directamente de las acciones humanas sobre el medio ambiente, como la agricultura, la contaminación, la superpoblación o de las condiciones de vida insalubres.

Las manifestaciones visibles eran la pobreza, el hacinamiento, la delincuencia, el alcoholismo y la prostitución, entre otras. El darwinismo médico surgió en su significado específico en el siglo XIX, cuando la industrialización y la superpoblación dieron lugar a nuevos problemas de salud. Se estimó la posibilidad de que las enfermedades de la civilización hubiesen evolucionado a partir de una base hereditaria, provocando la degeneración mental y moral de los pobres.

Como reflejo de la difusión de las ideas de corrientes positivistas y evolucionistas en Sudamérica en la segunda mitad del siglo XIX, se publicaron obras en las que se perciben las tesis del darwinismo médico. Es el caso del médico argentino José M. Ramos Mejía (1849-1914) quien en su libro *La locura en la Historia* (1895) expresaba:

“Con todo, la selección humana no se había hecho nunca y no se hace actualmente, cuando menos en la amplitud que en las otras especies animales, porque, según Quetelet, el hombre ejerce sobre sí mismo y sobre todo lo que lo rodea, una acción perturbadora.

Esta acción es la que impide que todos los que son demasiados débiles e inútiles, física e intelectualmente, desaparezcan en la lucha por la existencia; que los tuberculosos, que han de perpetuar en su posteridad restringida la suprema pobreza de su físico, así como los cancerosos, los locos, los imbéciles e idiotas, que, como dice Morel, resumen en su persona las disposiciones viciosas de muchas generaciones anteriores, no sigan reproduciendo hasta su secular y espontánea extinción, los gérmenes de la degeneración de la especie humana de que son portadores.” (Ramos Mejía, 1933:377)

La idea de las enfermedades de la civilización y la degeneración hereditaria también formó la base de una tipología social y racial de las enfermedades que contribuyó a conformar el paradigma eugenésico: los trastornos diatésicos se consideraron características de las enfermedades de las élites civilizadas y ricas, (la histeria, la gota y la hipocondría, etc.), mientras que los pueblos primitivos y el proletariado pobre industrial sucumbían principalmente debido a las enfermedades epidémicas agudas, aunque con algunas enfermedades diatésicas de los pobres de importancia secundaria, como la diátesis alcohólica.

Para mejorar la especie humana, la solución propuesta fue un programa de eugenesia. La eugenesia tenía como objetivo evitar el aumento de los trastornos atribuido a las características hereditarias, tales como la demencia, el alcoholismo y la prostitución. Estas características eran frecuentes en los pobres obreros industriales, por lo que llevaban la peor parte de las

medidas eugenésicas. Para las élites civilizadas, por el contrario, los trastornos diatésicos fueron considerados simplemente el precio del progreso de la civilización (Zampieri, 2009).

Debido a la desilusión causada por la terrible experiencia que las potencias imperialistas europeas produjeron al enfrentarse en la Gran Guerra surgieron movimientos antipositivistas y antievolucionistas en las primeras décadas del siglo XX que dieron lugar a lo que Julian Huxley nombró “eclipse del darwinismo” (Bowler, 1985). El abandono y olvido de las teorías darwinistas influyó en la decadencia lenta del darwinismo médico hasta la década de los cuarenta del siglo XX.

Después de la Segunda Guerra Mundial este darwinismo médico fue desacreditado y abandonado por su supuesta asociación con el movimiento eugenésico, que tanta importancia había llegado a tener en el nazismo (Sánchez González, 2012).

Similar argumentación actualmente es esgrimida desde posiciones religiosas fundamentalistas para desacreditar la biología evolutiva y reemplazarla por versiones creacionistas como la del diseño inteligente (Gulizzza, 2009).

A partir de la década de los 90 del siglo pasado se incrementaron las interacciones entre la teoría de la evolución biológica (TEB) y la medicina. Obras como la titulada *¿Por qué nos enfermamos: La nueva ciencia de la medicina darwiniana* (Nesse & Williams, 1994) plantearon la necesidad de vincular fuertemente la TEB con las investigaciones y teorías biomédicas. Algunos autores se muestran cautos en torno a la pretensión de situar los orígenes de la corriente de medicina evolutiva hacia 1990, entendiendo que es posible rastrear aplicaciones sistemáticas del enfoque evolutivo en medicina en períodos anteriores (Brines Solanes, 2009).

Un ejemplo de una directa aplicación de esta teoría a la salud pública la encontramos en un artículo que vincula la hipertensión y el consumo de sal, fundamentando que el linaje humano proviene de antecesores adaptados evolutivamente a dietas vegetarianas ricas en potasio, pero bajas en sodio, motivo por lo cual la maquinaria celular regula más eficientemente la concentración de potasio, pero no la de sodio. Los cambios relativamente recientes en las pautas culturales de consumo de sal provoca desajustes funcionales, con repercusiones no sólo en la salud de las personas sino también en la economía de la sociedad al incrementar las ganancias de la industria de alimentos y al mismo tiempo las de la industria farmacéutica, lo que implicaría enormes gastos para el Estado por sus negativas consecuencias en la salud pública (Meneton, Jeunemaître & Ménard, 1998).

La publicación del libro de Nesse y Williams estimuló la actividad científica en torno al campo denominado medicina darwiniana o evolutiva. Comenzaron a celebrarse una serie de simposios en diferentes lugares (Berna, Berlín, Rotterdam, York, Copenhague, Nueva York, Washington, Filadelfia, San Diego, Tucson y New Haven, entre otros) y a publicarse obras especializadas que recogían los resultados de las investigaciones básicas y proporcionaron material para los cursos que comenzaban a ser ofrecidos.

De las últimas reuniones científicas sobre la temática, la que se celebró en el Centro

Nacional de Síntesis Evolutiva en el año 2007 fue particularmente significativa, ya que planteaba problemas médicos en el propio terreno de la biología evolutiva.

La gama de temas se ha expandido, las conexiones con la investigación básica en biomedicina evolutiva se han fortalecido, la comunidad médica se encuentra más y mejor representada en esos campos y se van consolidando de un modo significativo los intentos de educar a los futuros médicos en el pensamiento evolutivo (Tajer, 2012).

El caso de la introducción de la teoría de la evolución en la medicina

La biología evolutiva y la medicina convergen en numerosos campos de investigación científica, produciendo muchos e importantes enfoques para diversos problemas biomédicos (Massarini, 2010). La medicina evolutiva, como fruto de esa convergencia, no es una nueva especialidad que proponga rupturas radicales con las tradicionales metodologías y prácticas médicas o que se embarque en críticas a la medicina. Muy por el contrario, la medicina evolutiva o darwiniana actúa en las intersecciones donde las ideas evolutivas aportan algo nuevo y útil para la profesión médica, donde la investigación médica plantea nuevas percepciones, preguntas e investigaciones que involucran a la biología evolutiva. Tales oportunidades aparecen tanto en la clínica, en las investigaciones de laboratorio, como también en la enseñanza médica (Stearns, 1998; Gluckman, Beedle & Hanson, 2009).

Los recientes progresos en las interacciones en el campo evolutivo entre la biología y la medicina se han producido en cuatro temáticas fundamentales, pero muchas veces descuidadas y no totalmente comprendidas:

En primer lugar, existe una visión clásica que interpreta a los organismos como máquinas cuyo diseño “ingenieril” ya ha sido optimizada y que su inserción en la naturaleza es cuasiperfecta; esta apreciación es totalmente engañosa, aunque está profundamente arraigada en la cultura.

En oposición a la anterior postura, la medicina evolutiva postula que los organismos son, en cambio, los resultados naturales de compromisos contingentes conformados por selección natural que maximiza la reproducción, pero no la salud (Held, 2009; Nesse & Williams, 1994). A modo de ejemplo de cómo la contingencia evolutiva explicarían casos de “diseños” poco optimizados se puede citar el trayecto del nervio laríngeo recurrente en el ser humano (y en los mamíferos en general) que nos permite hablar y tragar: en lugar de recorrer una vía de unos treinta centímetros entre el cerebro y la laringe, el nervio desciende hasta contornear la aorta para luego ascender hasta la laringe, agregando así una distancia que alcanza a más de un metro. Este recorrido indirecto del nervio faríngeo, más que reflejar un “diseño inteligente”, deja pistas de procesos evolutivos que condujeron desde organismos antecesores con una conformación muy distinta hasta la típica de los mamíferos actuales (Coyne, 2010: 116 y ss.).

En segundo lugar, debido a que la evolución biológica es mucho más lenta que el cambio de pautas culturales, costumbres y hábitos, se plantea la suposición de que la enfermedad surge a menudo a causa de los desajustes de nuestro cuerpo con las actuales condiciones de los ambientes modernos, como es el caso de los cambios en la dieta en cortos lapsos históricos,

dando como resultado incrementos en la incidencia de enfermedades como hipertensión, diabetes, obesidad, alergias e intolerancias alimenticias (Meneton, Jeunemaître y Ménard, 1998; Laudan, 2011; Arjamaa & Vuorisalo, 2011; Leonard, 2011).

En tercer lugar, basándose en la denominada “teoría de la reina roja” que interpreta las relaciones interespecíficas tales como predador-presa o parásito-hospedero, la medicina evolutiva sostiene que debido a que los patógenos evolucionan mucho más rápido que los humanos, es que las infecciones son inevitables. Siempre nuestros microorganismos patógenos se adaptan más rápidamente a los nuevos cambios ambientales (nuevos antibióticos) que las medidas adoptadas por la humanidad para combatir las enfermedades infecto-contagiosas. Esto ha llevado a la medicina evolutiva a proponer nuevas estrategias para combatir a nuestros patógenos a fin de eludir los mecanismos de adaptación que crean, por ejemplo, resistencia bacteriana a los antibióticos. Se ha sugerido que en lugar de atacar directamente a la célula bacteriana individual, se debería focalizar la lucha en los aspectos sociales que presentan las colonias de bacterias para obtener átomos de hierro de la sangre del huésped. Estas liberan sideróforos, sustancias proteicas que atrapan el hierro y que son nuevamente absorbidos e incorporados a cualquiera de las células bacterianas. La administración de fármacos “antisociales” a base de galio que compite estéricamente con el hierro en unirse con los sideróforos, provocando la muerte de las bacterias por no poder emplear ese metal, siendo inocuo para el ser humano (Zimmer, 2015: 30- 35).

En cuarto lugar, existe la idea generalizada de que enfermedades hereditarias son causadas por unos pocos genes defectuosos la que no sería del todo correcta. El punto de vista evolutivo sugiere que muchas variantes genéticas interactúan con el entorno y con otros genes durante el desarrollo produciendo los fenotipos susceptibles de adquirir determinadas características, incluidas enfermedades.

Lejos de sugerir nuevas curas rápidas, esas cuatro temáticas generales contribuyen a explicar por qué las enfermedades son tan frecuentes y difíciles de prevenir.

Hay tres problemas de la intersección entre evolución y medicina que están bastante desarrollados y, en cierto modo, pueden ser considerados como clásicos; a saber:

a) los organismos patógenos rápidamente desarrollan resistencia a los antibióticos al igual que las células cancerosas podrían evolucionar rápidamente y adquirir resistencia a los fármacos quimioterapéuticos.

b) Los patógenos evolucionan adquiriendo estrategias para eludir las defensas del enfermo infectado y los niveles de virulencia son moldeadas por procesos de selección natural maximizada.

c) las variaciones genéticas humanas que aumentan la resistencia a enfermedades a menudo acarrear costos mientras que otras variaciones que aumentan la vulnerabilidad a ciertas enfermedades puede producir beneficios en ciertos contextos.

Asimismo se puede reconocer algunas ideas aún poco exploradas que son particularmente sorprendentes por las consecuencias que podrían tener al aplicarlas al contexto biomédico;

veamos a modo de ejemplos, tres de ellas:

a) Los seres humanos han coevolucionado con una comunidad normal de seres vivos (bacterias, protistas, plantas, hongos y animales) que mantienen relaciones interespecíficas con el ser humano de índoles simbióticas y parasitarias. Cuando esos organismos son eliminados mediante antibióticos u otras estrategias (medidas higiénicas, etc.), el sistema inmunológico humano puede reaccionar ante esta situación no natural mediante la producción de alergias, asma y enfermedades autoinmunes (Zaccone, Fehervari, Phillips, Dunne, Cooke, 2006; Rook, 2009), incluyendo reacciones inmunológicas muy graves como la enfermedad de Crohn, para cuyo tratamiento se ha propuesto incluso la ingestión de huevos del gusano parásito (Rook, 2009).

b) El uso generalizado de las vacunas, cuya cobertura no logra eliminar completamente ni permanentemente al patógeno de la persona vacunada, podría conducir a un aumento en la virulencia del patógeno (Gandon, Mackinnon, Nee, Read, 2001)

c) Las interrupciones de los equilibrios evolutivos alcanzados por la especie humana por ciertos conflictos evolutivos entre familiares pueden ser la base de algunas enfermedades mentales, especialmente autismo y la esquizofrenia (Sanjuán, 2009).

Todas estas observaciones ilustran cómo el enfoque evolutivo puede promover la reflexión sobre problemas médicos y poner en relieve características inesperadas que no han sido atendidas por enfoques no evolutivos. Sin embargo la aceptación de los enfoques evolutivos en los campos biomédicos por parte de la medicina y sus profesionales no ha sido, en general, sencilla hasta el presente debido a múltiples causas y razones.

Críticas a los cambios curriculares en la enseñanza de la medicina que incorporen el enfoque de la medicina evolutiva

Nesse y sus colegas afirmaron que: “Pocos médicos e investigadores médicos han tomado un curso sobre biología evolutiva, y en la facultad de medicina no se enseña la biología evolutiva como ciencia básica para la medicina” (Nesse et al., 2010: 1806); ante esta declaración algunos autores críticos argumentan que los adherentes a la medicina evolutiva no distinguen entre microevolución y macroevolución y que, mientras algunos procesos microevolutivos pueden ser útiles al interpretar fenómenos como los de la formación de resistencia a los antibióticos por parte de las bacterias patógenas; en cambio, la macroevolución constituye un contenido totalmente innecesarios para la formación del profesional médico. Veamos la siguiente cita crítica a modo de ejemplo:

“Es probable que los médicos podrían beneficiarse de una mejor comprensión de cómo los pequeños cambios genéticos conducen a la diversidad en la población humana y adaptaciones, como la resistencia a los antibióticos en los patógenos. La macroevolución (también conocida como teoría de la evolución darwiniana) es un intento de explicar el origen de la vida. No se refiere a los estados de enfermedad ni cómo tratar la enfermedad. Incluso si la teoría evolutiva de Darwin fuera una ciencia

probada, que no tiene ninguna utilidad en la preparación de los futuros médicos. La realidad es que la evolución darwiniana es simplemente una hipótesis no probada, lo que significa que sin duda no tiene cabida en los cursos de la escuela de medicina.” (Brooks, 2011).

En el artículo citado de Will Brooks, doctorado en biología celular, se sostiene que la teoría de la evolución estaría constituida por dos partes; una de ellas “probada” (la microevolución) y otra “no probada” (la macroevolución). El criterio epistemológico para aceptar o no la hipótesis que se maneja corresponden a visiones sesgadas por una concepción de la biología funcional y experimentalista.

Además, Brooks argumenta que dada lo limitado del tiempo de formación del futuro médico, sería perjudicial destinarle un espacio a temas evolutivos en desmedro de otros aspectos directamente vinculados con la práctica médica.

Por otra parte, Brooks asume más adelante su credo religioso (creacionista) que lo lleva a rechazar tesis evolucionistas que se oponen a tesis deístas como las del diseño inteligente:

“la investigación biomédica se basa en organismos modelo como el ratón, la mosca, el gusano, y la levadura para modelar lo que está pasando en los seres humanos. [...] Dios creó a los humanos, ratones, moscas, gusanos y levaduras con sus distinciones y similitudes. Este diseño común permite que los científicos puedan maximizar dichas similitudes con fines de investigación.” (Brooks, 2011).

Algunos aportes beneficiosos de la incorporación del enfoque de la medicina evolutiva a la enseñanza de la medicina

Fueron múltiples y variadas las estrategias implementadas a lo largo de la historia de la enseñanza de la medicina. Estas van desde la clásica clase magistral y las demostraciones prácticas, donde el estudiante es casi un receptor pasivo de conocimientos, hasta la metodología de enseñanza por problemas, implementada desde los 60’ del siglo pasado a fin de lograr un estudiante crítico que resolviera las dificultades que se le presentaban y era capaz de gestionar su autoaprendizaje; asimismo las estrategias de enseñanza por competencias de los 90’, buscaron formar profesionales capaces de desempeñarse adecuadamente en contextos sociales determinados. En los últimos años la corriente educativa denominada medicina basada en la evidencia (MBE) propone que las prácticas médicas dejen de depender de las decisiones personales del facultativo y se basen en reglas y normas que regulen las conductas. Las opiniones de los expertos y los datos estadísticos constituirían los criterios normativos de las decisiones. Cada una de las corrientes mencionadas presenta pros y contras que son señaladas por sus correspondientes críticos (Agrest, 2011; Bunge, 2012).

El presente trabajo no intenta generar una solución a través de la propuesta de una nueva corriente educativa, sino poner en evidencia que existe una brecha educacional respecto a la incorporación de la biología evolutiva en el currículo de formación médica. Nesse (Nesse et

al, 1994) y Chariton (1997) sostienen que la incorporación del enfoque evolutivo mejoraría sustancialmente la educación médica; pero para ello se necesitan reformas específicas de los planes de estudio de medicina. Al momento son pocas las escuelas de Medicina que enseñan biología evolutiva como una ciencia médica básica. Esto se traduce en que algunos médicos e investigadores médicos aprenden rudimentos básicos acerca de la evolución, pero pocos alcanzan el nivel de conocimiento que se demanda en otras ciencias básicas que conforman el diseño curricular médico. La escasa formación de los médicos sobre los principios fundamentales de la evolución constituiría una seria limitación para la investigación si se pretende incluir todas las herramientas teóricas de la biología actual al campo de las ciencias biomédicas.

Para finalizar y sobre la base de las cuestiones esbozadas en el desarrollo del presente trabajo podemos plantear las siguientes conclusiones a modo de hipótesis de futuros trabajos más exhaustivos:

1. La medicina puede encontrar sus fundamentos en diversas ciencias básicas, en particular en la biología, y dado que en la actualidad esta se vertebra principalmente en torno a la teoría de la evolución, esta teoría debería aplicarse ampliamente en las investigaciones biomédicas de las distintas especialidades, con el consiguiente beneficio para la formación profesional tanto en la investigación como en la enseñanza y en las prácticas biomédicas.

2. El conocimiento profundo de los fundamentos biológicos evolutivos que explican la aparición de las enfermedades humanas, las condiciones y modos como estas se propagan y sus transformaciones, permite el diseño de estrategias que tiendan a reducir la virulencia de agentes patógenos y la incidencia de patologías provocadas por disfunciones metabólicas.

3. Resulta insoslayable un enfoque historiográfico que dé cuenta de los cambios conceptuales producidos por los aportes de la medicina darwiniana para que sea aplicado en la enseñanza de las ciencias biomédicas y en la formación profesional del médico.

Bibliografía

- AA.VV. (1983) *Diccionario de Ciencias Médicas Dorland*. Barcelona: El Ateneo. 7° edición.
- AGREST A (2011) *En busca de la sensatez en medicina*, Buenos Aires: Libros del Zorzal.
- ARJAMAA, O. & VUORISALO, T. (2011) “Genes, cultura y dieta”, en *Temas 66 de Investigación y Ciencia*, Barcelona: Prensa Científica. Pp. 4-13.
- BOWLER, P. J. (1985) *El eclipse del darwinismo: teorías evolucionistas antidarwinistas en las décadas en torno a 1900*. Barcelona: Labor.
- BRINES SOLANES J. (2009) “Teoría de la Evolución y Pediatría”, en Sanjuán, J (coord.) *Teoría de la Evolución en Medicina*. Madrid: Editorial Médica Panamericana. Pp. 83-105.
- BUNGE, M. (2012) *Filosofía para médicos*, Buenos Aires: Gedisa.
- BROOKS, W. (2011) Does evolution belong in Biomedical Curricula? *Apologetics Press*. [Consultado el 04/08/14 en: <http://www.apologeticspress.org/apcontent.aspx?category=9&article=3796>.
- CHARITON, B. G. (1997) A syllabus for evolutionary medicine, *J R Soc Med*, 90: 397-399.

- COYNE, J. A. (2010) *Por qué la teoría de la evolución es verdadera*. Barcelona: Crítica.
- DARWIN, C. R. (1859, 1961) *El origen de las especies*. México, D. F.: Grijalbo.
- DARWIN, C.R. (1868, 1905) *The variation of animals & plants under domestication*. London: John Murray, 2 Vol., Cap. XII.
- DARWIN, E. (1796) *Zoonomia, Or the Laws of Organic Life*. London: J Johnson, Vol. I. [Consultado el 30/08/2014 en <http://www.gutenberg.org/files/15707/15707-h/15707-h.htm>]
- DOBZHANSKY, T. (1973) Nothing in biology makes sense except in the light of evolution, *The American Biology Teacher*, 35: 125-9.
- FUTUYMA, D. J. (2013) *Evolution*. 3rd. ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc.
- GALLARDO, M. H. (2011) *Evolución. El curso de la vida*. Buenos Aires : Médica Panamericana.
- GANDON, S.; MACKINNON, M.J.; NEE, S. & READ, A.F. (2001) Imperfect vaccines and the evolution of pathogen virulence. *Nature* 414:751–756.
- GULIUZZA, R. J. (2009) “Darwinian Medicine: A Prescription for Failure”. *Acts & Facts* 38 (2): 32. [Consultado el 11/03/2014 en: <http://www.icr.org/article/darwinian-medicine-prescription-for-failure>]
- GLUCKMAN, P; BEEDLE, A. & HANSON, M. (2009) *Principles of Evolutionary Medicine*. Oxford: Oxford University Press.
- HELD, L.I. (2009) *Quirks of Human Anatomy: An Evo-Devo Look at the Human Body*. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- LAÍN ENTRALGO, P. (1978) *Historia de la Medicina*. Barcelona: Salvat.
- LAUDAN, R. (2011) “Origen de la dieta moderna”, en *Temas 66 de Investigación y Ciencia*, Barcelona: Prensa Científica. Pp. 37-42.
- LEONARD, W. R. (2011) Incidencia de la dieta en la hominización, en *Temas 66 de Investigación y Ciencia*, Barcelona: Prensa Científica. Pp. 14-22.
- MASSARINI, A. (2010) La teoría evolutiva como hilo conductor en la enseñanza de la biología. Su tardía incorporación a la educación básica y media en Argentina , en Hasson, E. et al. (eds.) *Darwin en el Sur. Ayer y Hoy. Contribuciones a la Primera Reunión de Biología Evolutiva del Cono Sur*. Buenos Aires : Libros del Rojas. Pp. 207-215.
- MENETON, P; JEUNEMAÎTRE, X. Y MÉNARD, J. (1998) Sal e hipertensión: un dossier agobiante, *Mundo científico*, Barcelona, No. 195, pp. 48–54.
- NESSE, R.M. & WILLIAMS, G.C. (1994) *Why We Get Sick: The New Science of Darwinian Medicine*. New York: Vintage Books.
- NESSE, R.M., ET AL. (2010) Making Evolutionary Biology a Basic Science for Medicine, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107[suppl. 1]:1806, January 26.
- RAMOS MEJÍA, J.M. (1895, 1933) *La locura en la historia*. Buenos Aires: Talleres Gráficos Argentinos L. J. Rosso.
- ROOK, G. (ED.) (2009) *The Hygiene Hypothesis and Darwinian Medicine*. Boston, MA: Birkhauser Basel-Boston-Berlin.
- SÁNCHEZ GONZÁLEZ, M.A. (2012) *Historia de la Medicina y Humanidades Médicas*.

- Barcelona: Elsevier-Masson.
- SANJUÁN, J. (COORD.) (2009) *Teoría de la evolución en la Medicina*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- STEARNS, S.C. (ED.) (1998) *Evolution in Health and Disease*. Oxford: Oxford University Press.
- TAJER, C. (2011) *La medicina del nuevo siglo. Evidencias, narrativa, redes sociales y desencuentro médico-paciente. Apuntes críticos*, Buenos Aires: Libros del Zorzal, 224 pp.
- WILLIAMS, G.C. & NESSE, R.M. (1991) “The Dawn of Darwinian Medicine. *The Quarterly Review of Biology*. 66 (1): 2.
- ZACCONI, P.; FEHERVARI, Z., PHILLIPS, J.M., DUNNE, D.W. & COOKE, A. (2006) Parasitic worms and inflammatory diseases. *Parasite Immunol.*, 28:515–523.
- ZAMPIERI, F. (2009) Origins and History of Darwinian Medicine. *Humana.Mente*, **9**: 13-38.
- ZIMMER, C. (2015) “Un punto débil de la Resistencia bacteriana”, en *Investigación y Ciencia*, marzo de 2015. Barcelona: Prensa científica.

Un Programa de Investigación Científica (PIC) aplicable a la parasitología y su posible desarrollo en base al concepto de núcleo conservativo

Martín Orensanz^{}, Guillermo Denegri[†]*

A partir de 1991, Denegri comienza a elaborar las bases teórico-epistemológicas de la parasitología como disciplina científica en una serie de trabajos publicados. Siendo un docente e investigador en temas de parasitología veterinaria y médica, pero también en filosofía de la ciencia, encontró que la epistemología desarrollada por Lakatos le permitía, con algunas modificaciones fundamentales, elaborar un Programa de Investigación Científica (PIC) que resultase útil para la investigación que el parasitólogo lleva a cabo diariamente en el laboratorio. En el 2008, las bases del PIC fueron establecidas en forma de libro (Denegri, 2008), y a partir de esa fecha hasta la actualidad, Denegri publicó otra serie de trabajos, algunos en colaboración con Jacques Cabaret, en donde se siguió desarrollando el PIC propuesto para la parasitología. Para entender las modificaciones que Denegri le realiza a la epistemología de Lakatos, conviene recordar, a grandes rasgos, la concepción que tiene de la ciencia dicho filósofo.

La epistemología de Lakatos tiene un carácter descriptivo, en el sentido de que no pretende ser una propuesta metodológica para que los científicos desarrollen con mejor éxito sus investigaciones profesionales. Lo que sí pretende, es mostrar que a lo largo de la historia de la ciencia, se han formulado distintos Programas de Investigación Científica para explicar y predecir distintos fenómenos del mundo. Un PIC es un conjunto de teorías, hipótesis y reglas metodológicas, que le sirve al investigador para explicar los hechos conocidos, y para predecir hechos nuevos. La mecánica clásica de Newton, y la teoría de la evolución de Darwin, por ejemplo, son Programas de Investigación Científica.

Un PIC puede ser de dos tipos: progresivo o regresivo. Cuando un PIC es progresivo, su desarrollo teórico se anticipa a su desarrollo empírico; es decir, puede predecir hechos nuevos, que seguidamente se corroboran de manera experimental. En cambio, es regresivo cuando su desarrollo empírico se adelanta a su desarrollo teórico; en otras palabras, cuando no puede predecir hechos nuevos. Cuando esto último sucede, las hipótesis simplemente se “acomodan” en función de los hechos empíricos.

Las teorías, hipótesis y reglas metodológicas que componen un PIC se estructuran en torno a los siguientes conceptos: núcleo tenaz, cinturón protector de hipótesis auxiliares, heurística negativa, y heurística positiva. El núcleo tenaz es la hipótesis fundamental de un programa. Siguiendo a Denegri, podemos decir que las leyes de Newton en el PIC de la mecánica clásica; y la hipótesis de la selección natural en la teoría de la evolución de Darwin, son ejemplos de núcleos tenaces (Denegri, 2008).

* Universidad de Mar del Plata

† Universidad de Mar del Plata (CONICET)

Con frecuencia, un PIC se encuentra con anomalías, definidas como hechos que no se ajustan a lo que afirma el núcleo tenaz. Ante esto, en vez de descartar el PIC, como sugiere la concepción falsacionista de la ciencia de Popper, Lakatos propone que se elaboren otras hipótesis, llamadas auxiliares, que puedan explicar estas anomalías. Dichas hipótesis forman el cinturón protector, definido como un conjunto de hipótesis que pueden ser modificadas, ampliadas, suprimidas, etc. y que permiten explicar los hechos conocidos de los cuales el PIC se ocupa, y también de predecir hechos nuevos. El núcleo tenaz, en cambio, es irrefutable por decisión metodológica. Esto significa que frente a una anomalía, no se debe ni descartar el programa, ni alterar la hipótesis fundamental del núcleo tenaz; sino que deben explicarse aquellas anomalías mediante las hipótesis auxiliares del cinturón protector.

La función de la heurística negativa es la de prohibir taxativamente que se modifique el núcleo tenaz del programa. La heurística positiva es otro conjunto de reglas metodológicas, que indican cómo seguir desarrollando el PIC para que pueda predecir hechos nuevos, y explicar hechos que hasta el momento no habían sido explicados.

Hasta aquí la epistemología de Lakatos. Veamos por qué Denegri tuvo que modificar algunos de sus aspectos, y cuáles son esas modificaciones. El motivo por el cual se modificaron algunos puntos de la epistemología de Lakatos estriba en que, teniendo un carácter principalmente descriptivo, no resulta útil para la investigación que el parasitólogo realiza día a día en el laboratorio. Por ejemplo, no ofrece un contenido concreto en cuanto a un posible núcleo tenaz en parasitología, tampoco indica qué reglas metodológicas conviene seguir para diseñar experimentos en investigación parasitológica. No brinda un cinturón protector de hipótesis auxiliares que permitan explicar y predecir el fenómeno parasitario, ni indica cuales son las anomalías a las que se enfrentaría un posible PIC en parasitología.

Ciertamente podría utilizarse la epistemología de Lakatos para reconstruir la historia de la parasitología. Se podría, por ejemplo, indicar qué Programas de Investigación Científica se han formulado a lo largo de la historia de la parasitología, cuáles han sido sus núcleos tenaces, cuáles sus hipótesis auxiliares, y así sucesivamente. Pero la elaboración de la historia de la parasitología no deja de ser una empresa descriptiva, en el sentido de que no necesariamente indicaría cuales son las reglas metodológicas que el parasitólogo puede seguir para que sus investigaciones reales sean más fructíferas. Es necesario, entonces, sustituir el carácter descriptivo de aquella propuesta, por el desarrollo de una epistemología aplicada, que le sirva al parasitólogo en su actividad concreta para diseñar experimentos, explicar con mayor rigor y exactitud los fenómenos parasitarios conocidos, y predecir fenómenos parasitarios nuevos.

Además, Denegri propone modificar la cuestión del tratamiento de las anomalías. En la filosofía de la ciencia de Lakatos, las anomalías se registran y se archivan, hasta que el PIC esté lo suficientemente desarrollado como para explicarlas. En cambio, Denegri propone que las anomalías se traten a medida que vayan surgiendo. La importancia de esta modificación consiste en que el tratamiento de las anomalías brinda la posibilidad de desarrollar el cinturón protector. Como las anomalías tienen que explicarse mediante las hipótesis auxiliares que

forman el cinturón protector, esto lleva a un mayor desarrollo de dichas hipótesis, al punto de modificar algunas, eliminar otras, e introducir hipótesis nuevas. El resultado es que el PIC aumenta su carácter progresivo: al tratar las anomalías, desarrolla su capacidad explicativa y predictiva, que abarca a todos los fenómenos que conciernen al PIC, y no solamente a las anomalías que motivaron sus sucesivos desarrollos.

Por último, Denegri propone reconsiderar el rol de la historia de la ciencia. Dicho rol, según Lakatos, cumple la función de mostrar cómo se ha desarrollado efectivamente la ciencia a lo largo del tiempo. En otras palabras, muestra “qué” ha sido la ciencia, y no “que debería” haber sido. Cuando Lakatos sostiene esto, le está respondiendo a Karl Popper. Popper consideraba que cuando una teoría o una hipótesis es falsada, o refutada, los científicos deberían abandonar dicha teoría o hipótesis. Lakatos le replica a Popper que la historia de la ciencia muestra que los científicos nunca han adoptado esta actitud. Más bien, según su conocida metáfora, los científicos “defienden con garras y dientes” las teorías y las hipótesis que elaboran. Denegri, por su parte, propone que la historia de la ciencia se convierta en un criterio de contrastación del PIC. Esto significa que la historia de la ciencia no solamente indica lo que la ciencia efectivamente ha sido; sino que también significa que dentro de la historia de una ciencia, se pueden encontrar muchos casos que corroboran un Programa de Investigación Científica. Además, la historia de la ciencia también proporciona una cantidad de anomalías, es decir, de casos problemáticos para el PIC, que si se tratan a medida que se van encontrando, y no se archivan, tienen la posibilidad de hacer que el PIC aumente su carácter progresivo.

Además de estas modificaciones, el PIC propuesto para la parasitología adquiere un contenido concreto en lo que se refiere a su núcleo tenaz y a su cinturón protector de hipótesis auxiliares. Su núcleo tenaz es la siguiente afirmación: “el conocimiento de las cadenas alimenticias de los hospedadores (intermediarios y definitivos) nos permite explicar y predecir la fauna endoparasitaria que ellos albergan.” (Denegri, 2008). El cinturón protector comprende, por el momento, dos hipótesis auxiliares: 1) hipótesis de los ciclos biológicos; 2) hipótesis del desarrollo de comunidades de parásitos.

Se agregan además las siguientes condiciones iniciales: 1) existencia del parásito potencial; 2) existencia del hospedador potencial; 3) existencia del biotopo potencial.

El PIC propuesto por Denegri ha producido los siguientes resultados: “Este programa demostró ser muy efectivo para explicar y predecir el fenómeno del parasitismo. Se contrastó la propuesta usando a los ácaros oribátidos como hospedadores intermediarios de cestodes anoplocefálicos, y se concluyó que las características tróficas de estos invertebrados permite predecir las especies más susceptibles de ingerir y desarrollar las formas larvianas de los parásitos citados (Denegri, 1993). A nivel de hospedador definitivo también se contrastó la propuesta en herbívoros domésticos para explicar y predecir la presencia de cestodes anoplocefálicos” (Denegri, 1997).

El problema que planteamos es el siguiente: ¿Cómo se puede seguir desarrollando el PIC propuesto en parasitología de manera que aumente su carácter progresivo, es decir, que

siga explicando y prediciendo nuevos hechos relacionados con el fenómeno parasitario y las zoonosis parasitarias?

Para resolver este problema, nuestra hipótesis es la siguiente: El fenómeno parasitario y las zoonosis parasitarias se pueden explicar y predecir desarrollando los aspectos teórico-metodológicos de la parasitología como disciplina científica, en base a la metodología de los Programas de Investigación de Imre Lakatos, realizando algunas nuevas modificaciones a su epistemología.

Consideramos que una de las nuevas modificaciones que se le puede hacer a la epistemología de Lakatos concierne al modo de concebir el núcleo tenaz de un PIC. Denegri y Dressino (1997) ya habían advertido esta posibilidad en un trabajo anterior, cuando propusieron el concepto de “núcleo conservativo” para reemplazar el concepto de núcleo tenaz. Pero no retomaron este concepto en sus trabajos posteriores. Nuestra intención aquí es volver a considerar las posibilidades fructíferas que ofrece dicho concepto.

Denegri y Dressino parten del concepto biológico de “sistema conservativo” como base para desarrollar el concepto de “núcleo conservativo”. Un sistema conservativo, en biología, puede definirse como “una respuesta adaptativa de un organismo para mantener su existencia frente a un determinado estrés” (Denegri & Dressino, 1997). El ejemplo que Denegri & Dressino mencionan es el del estrés alimenticio que puede sufrir un organismo dotado de un sistema nervioso central. Frente a una deficiencia alimenticia, el organismo recurre a sus reservas de lípidos. Cuando estas no alcanzan, recurre a su reserva de proteínas. Pero si la deficiencia alimenticia sigue siendo acuciante, en un último intento por salvarse, el organismo recurre a las reservas de lípidos del cerebro. Este proceso puede tener consecuencias mortales, sobre todo si acontece en las primeras etapas del desarrollo.

A partir de estas indicaciones generales, Denegri & Dressino proponen el concepto de núcleo conservativo. Cuando aparece una anomalía, el PIC debería tratar de explicarla a partir de las hipótesis auxiliares que forman su cinturón protector. Si ninguna de estas hipótesis tiene aquel poder explicativo frente a la anomalía en cuestión, entonces es necesario modificarlas, o incluso agregar hipótesis nuevas al cinturón protector. Pero si nada de eso es suficiente para explicar la anomalía, entonces, como último recurso, se puede modificar el núcleo del programa, que a estas alturas, ya no es “tenaz” (porque no es inmodificable, sino que puede ser modificado como último recurso), sino “conservativo” (porque su modificación tiende a conservar el resto del PIC). Lakatos, por su parte, sostiene que cambiar de núcleo es cambiar de programa. Es por ello que el núcleo tenaz es irrefutable por decisión metodológica. Pero el núcleo conservativo sí es modificable, como último recurso. Podemos precisar, entonces, las dos características fundamentales que diferencian uno y otro concepto, tomando como ejemplo el núcleo tenaz propuesto para el PIC en parasitología (Denegri, 2008).

En primer lugar, el núcleo del PIC elaborado por Denegri consta de *una* proposición, mientras que el núcleo conservativo puede estar compuesto por *varias* proposiciones, ya que “el núcleo conservativo puede estar compuesto por una teoría, un conjunto de teorías, un conjunto de hipótesis, o una teoría más una hipótesis, o una teoría con un conjunto de éstas.” (Denegri

& Dressino, 1997). Frente a una anomalía, entonces, es posible agregar más proposiciones fundamentales al núcleo de un PIC, siempre y cuando la modificación del cinturón protector no haya sido suficiente para explicar la anomalía.

En segundo lugar, mientras que el núcleo tenaz es inmodificable, el núcleo conservativo, en cambio, “no representa una estructura inamovible, sino que puede ser modificada si las anomalías lo desacreditan.” (Denegri & Dressino, 1997). Como decíamos antes, la modificación del núcleo conservativo debe realizarse como último recurso. Si las anomalías pueden explicarse mediante las hipótesis auxiliares del cinturón protector, entonces ello no es necesario. Pero tampoco es imposible, si no se logra dar una explicación adecuada en base a las hipótesis auxiliares.

En conclusión, el concepto de núcleo conservativo le brinda a un PIC la posibilidad de una última maniobra para salvarse. A pesar de las apariencias, creemos que esto está en consonancia con el sentido general de la epistemología de Lakatos, sobre todo en su insistencia en que los científicos no abandonan sus teorías y sus hipótesis ante la primera anomalía que aparece. Si debe modificarse el contenido del núcleo, bien podría seguir conservándose un Programa de Investigación Científica que hasta el momento ha dado pruebas exitosas de su capacidad explicativa y predictiva. Abandonar el PIC, por el simple hecho de que se enfrenta a anomalías que no pueden explicarse sin modificar el núcleo, es análogo a lo que Popper esperaba de los científicos: que descarten sus hipótesis inmediatamente cuando éstas son refutadas.

Bibliografía

- DENEGRI, G. 1993. Review of oribatid mites (Acarina) as intermediate hosts of tapeworms of the Anoplocephalidae family. *Experimental and Applied Acarology*, 17: 567-580.
- DENEGRI, G. 1997. Contrastación de un programa de investigación científica en parasitología. Reconstrucción de un caso histórico, *Natura Neotropicalis*, 28 (1): 65-70.
- DENEGRI, G. & DRESSINO, V. 1997. El concepto biológico de sistema conservativo y el desarrollo del conocimiento científico, *Actas del II Congreso de la Sociedad de Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia en España*, ed. Estany & Quesada, España, pp. 137-149.
- DENEGRI, G., *Fundamentación epistemológica de la parasitología*, Eudem, Buenos Aires, Argentina, 2008.

Análisis histórico y filosófico del privilegio de los genes en los principales programas de investigación de la biología del comportamiento

*Nahuel Pallitto**, *Christian Francese*†

Introducción

Desde la consolidación de la denominada Teoría Sintética de la Evolución (TSE), y en particular a partir de los estudios moleculares del ADN realizados en la década de 1950, se transformó el marco subdisciplinar y epistemológico de la biología contemporánea, conduciendo a una proliferación de áreas que tomaron al nivel genético como principal elemento explicativo de sus interrogantes. Dicha primacía del ámbito genético se mantuvo vigente hasta finales del siglo pasado, cuando las explicaciones centradas en la esfera genética empezaron a ser cuestionadas a partir de cierta reconceptualización de los genes y de una resignificación de la evolución y el desarrollo como procesos determinados por una multiplicidad de causas en paridad con las genéticas. Sin embargo, esta incipiente crisis del centrismo del gen no afectó de igual manera a las diversas áreas y subdisciplinas de la biología contemporánea, por lo que se vuelve necesario hacer una revisión de los programas de investigación que se emplean actualmente en biología. En particular, en este trabajo nos centramos en el campo de la biología del comportamiento. Una de las características que cabe señalar es que la biología del comportamiento exhibe numerosos programas de investigación involucrados en el estudio del comportamiento, los cuales difieren en sus ontologías y sus marcos conceptuales, teóricos y metodológicos. En ese sentido, constituye un campo de análisis sumamente interesante para abordar cambios conceptuales que ocurren en la biología. Así pues, el objetivo del presente trabajo consiste en analizar cómo se conceptualiza a los genes y cómo el concepto de gen opera en los marcos teóricos de algunas subdisciplinas de la biología del comportamiento a la luz de la denominada crisis del centrismo del gen. La hipótesis general de trabajo es que tales cuestionamientos no han permeado al seno de dichas subdisciplinas, continuando sus matrices teóricas reposando en una concepción clásica del gen que privilegia explicaciones lineales y predictivas del modo en que los genes se relacionan con los comportamientos.

Con el fin pretendido, el trabajo presenta un primer análisis que caracteriza la conceptualización clásica de los genes. En segundo lugar, se presentan una serie de críticas a la noción clásica de gen que cuestionan dicha conceptualización. En tercer lugar, exponemos las matrices teóricas de algunos programas de investigación de la biología del comportamiento y mostramos cómo éstas operan con el concepto clásico de gen. En una última instancia, se

* Universidad de Buenos Aires / CONICET

† Universidad de Buenos Aires

brindan algunas reflexiones finales acerca del caso aquí presentado. Para el objetivo y el recorrido planteados se analizan los programas de investigación de la ecología del comportamiento y de la genética del comportamiento, dos de las principales áreas de estudio biológico del comportamiento en la actualidad.

El concepto clásico de gen

Según diversos autores, no habría dudas de que la idea de “gen” ha servido como organizador epistémico de la biología durante el siglo XX (Fox Keller, 2000; Moss, 2003). Sin embargo, la tarea de analizar la función epistémica de los genes requiere de una revisión del modo en que son conceptualizados, ya que se han provisto distintas definiciones de los mismos. Entre ellas, se encuentra presente el denominado concepto “clásico” de gen, el cual describiremos en la presente sección. Es precisamente este concepto el que consideramos que subyace a algunos elementos teóricos fundacionales de los programas de investigación de la biología del comportamiento que examinaremos en los próximos apartados.

La teoría clásica del gen tuvo sus orígenes en el redescubrimiento de los trabajos de Gregor Mendel a principios del siglo XX, y presentó su máxima expresión en las investigaciones desarrolladas por Thomas Hunt Morgan, entre las décadas del 1920 y 1940. En pocas palabras, la teoría en cuestión proveía una descripción de la transmisión de rasgos fenotípicos entre generaciones, a partir de la cual se lograban explicar diversos fenómenos biológicos (ver Waters, 2004). Así pues, al margen de una referencia física (molecular), el gen se erigió como una construcción conceptual abstracta sobre la cual se fundamentaron numerosos aspectos de la biología. Para ello, resultó central el tipo de explicaciones que los genetistas brindaron en torno a la herencia biológica. Kenneth Waters las describe en los siguientes términos:

Los genetistas [*clásicos*] explican estos patrones [*de herencia*] observando la transmisión de diferencias genotípicas de una generación a la siguiente y atribuyendo la presencia de rasgos fenotípicos alternativos a la presencia de genotipos alternativos, es decir, a la presencia de formas alternativas de los genes. (Waters, 2007, p.556)

De esta manera, la herencia fenotípica podía ser explicada de una manera muy sencilla en dos pasos. El primero consistía en identificar cuáles eran las formas del gen -los alelos- que se transmitían entre generaciones. El segundo paso exigía establecer conexiones entre las formas alélicas y los rasgos fenotípicos. Cabe aquí resaltar que lo que se encontraba en el centro de atención era la relación existente entre los cambios que se producían en los genes y los cambios que concomitantemente se observaban a raíz de ellos en el fenotipo. Así, la alteración de un rasgo podía ser vinculada causalmente a un cambio en un único gen, sin importar cuáles eran los mecanismos subyacentes a tales cambios. De hecho, su descripción no estuvo al alcance de la técnica y del conocimiento de la época (Rheinberger *et. al.*, 2015).

La asociación entre variantes alélicas y determinados fenotipos condujo a una conceptualización del gen como “generador de diferencias” (Fox Keller, 2013; Moss, 2003; Waters, 1994; 2007). Tal expresión se refiere a que, desde esta óptica, una diferencia en un

gen puede provocar una diferencia en una variable fenotípica en un contexto genómico y ambiental particular. De este modo, el gen queda definido en su relación con el fenotipo, en tanto constituye un factor que, al variar entre un conjunto de organismos, genera diferencias fenotípicas observables en dichos organismos. Siguiendo a Lenny Moss, denominaremos a esta forma de conceptualizar al gen como “gen-p”, siendo “p” una referencia al carácter preformacionista que conlleva considerar que los fenotipos se encuentran de alguna manera ya especificados en los genes.

No obstante, tal como mostraremos a continuación, el concepto clásico de gen no ha sobrevivido ileso al paso del tiempo y a ciertos desarrollos teóricos de algunos sectores de la biología.

Embates y cuestionamientos al concepto clásico de gen

En las últimas décadas, se ha criticado fuertemente el modo de razonar teórico que opera con concepciones lineales y predictivas de los genes en su relación con el fenotipo. Si bien no está al alcance de este trabajo realizar una revisión completa de todas esas críticas, mencionaremos aquellas que se vinculan directamente con nuestra argumentación. Una de ellas refiere a las dificultades que presenta establecer con precisión qué son y qué rol cumplen los genes. En ese sentido, se reconoce que en la actualidad no existe una única conceptualización del gen en biología (ver, por ejemplo, Rheinberger *et. al.*, 2015). A su vez, varios de estos conceptos presentan contradicciones entre sí, lo cual exige mínimamente revisarlos críticamente y posicionarse epistemológicamente frente a esa diversidad conceptual manifiesta.

Una de las conceptualizaciones que pone en cuestionamiento el concepto de gen-p paradójicamente surgió de la propia genética molecular. La búsqueda de una descripción mecánica del modo en que los genes ejercen sus efectos condujo a la imposibilidad de predecir un determinado fenotipo a partir de considerar únicamente la información genética. Salvo en casos excepcionales, una secuencia nucleotídica no permite inferir qué sucede a otros niveles de organización superiores. Esto ocurre, entre otros factores, debido a la dependencia contextual de los efectos génicos, a las complejas interacciones entre genes o entre genes y otros recursos del desarrollo, a los procesos de modificaciones post-transcripcionales, a los diversos estados epigenéticos y hasta a las propias condiciones ecológicas de las que el organismo participa.

Asimismo, recientemente el fenómeno de la herencia fue reconceptualizado, ampliando los potenciales sistemas materiales y simbólicos que pueden transmitir información entre generaciones de individuos. Ciertos autores comentan que existen ciertas variaciones hereditarias que no pueden, ni necesitan ser, expresadas en términos de diferencias genéticas heredables. La propuesta apunta al reconocimiento de que pueden existir variantes fenotípicas heredables en una población que no presente ningún tipo de variabilidad genética (Jablonka y Lamb, 2010). De esta manera, en los últimos años fue fuertemente complejizada la relación genotipo-fenotipo, no sólo en cuanto al desarrollo de un único individuo, sino en cuanto a la capacidad de atribuir toda la varianza fenotípica heredable a una varianza genética subyacente. En virtud de estas alteraciones, dado un escenario particular, la correlación entre los cambios

genotípicos y fenotípicos debe necesariamente ser verificada (Jablonka, 2006).

Al mismo tiempo, otra de las nociones que han alterado la relación lineal y preformacionista entre genes y rasgos fenotípicos es la de “epigénesis”. Uno de los sentidos que se reconocen del término “epigénesis” se relaciona con el estudio de los mecanismos involucrados en la ontogenia de un organismo (Newman y Müller, 2000). Estos mecanismos son determinantes no programados del desarrollo individual y conciernen a los procesos regulatorios de los cambios ontogenéticos. Entre los más importantes, caben destacar las interacciones entre el metabolismo celular y los ambientes físico-químicos internos y externos, las interacciones causales entre los genes y sus productos y la interacción de diferentes tejidos con sus respectivos ambientes y entre sí (Newman y Müller, 2000). El segundo se centra precisamente en el estudio de los mecanismos y sistemas de herencia extra-genéticos (Jablonka y Lamb, 1995, 2005 y 2010). Si bien durante la TSE se conservó a los genes como los elementos fundamentales a los fines de dar cuenta del desarrollo y transmisión de la variabilidad fenotípica de los organismos, esta última acepción empezó a debilitarse, en el sentido de reconocer que los genes no poseen primacía causal ni temporal en el desarrollo ni tampoco son las únicas unidades de herencia. Quizás uno de los aspectos que haya contribuido fuertemente a ello haya sido el reconocimiento que en algunos casos estas variaciones epigenéticas que surgen durante el desarrollo podrían pasar de una generación a otra, dando origen a la denominada ‘herencia epigenética’ (Jablonka *et al.*, 1998).

La ampliación de los mecanismos de herencia ofrece una conceptualización que implica diferentes niveles, quitándole privilegios al gen, no sólo como la única unidad de información, sino también respecto a la exclusividad que presentaba en las explicaciones de las semejanzas hereditarias a través de las generaciones. A partir de estas consideraciones, se fue acrecentando la voz de aquellos que sostienen la pérdida del lugar central de las explicaciones genéticas, tanto en el referido al origen de la variabilidad como a la exclusividad del gen como unidad hereditaria.

Ciertamente, las críticas presentadas constituyen un aspecto tan novedoso como incómodo para todo aquel formado en una tradición intelectual dominada por la versión clásica del gen, ya que sugiere asumir, o bien que el gen-p es un concepto meramente instrumental, o bien que debe ser abandonado en favor de otras conceptualizaciones que incorporen todas las complejizaciones recientes.

Ahora bien, llegados a este punto, indagaremos qué sucede en el caso de la ecología del comportamiento y la genética del comportamiento. La pregunta que guiará la argumentación es: ¿con qué concepto de gen operan estos programas de investigación? Comenzaremos analizando la matriz teórica de la ecología del comportamiento y luego aquella correspondiente a la genética del comportamiento.

El gen en la matriz teórica de la ecología del comportamiento

Durante la década de 1970, se hicieron presentes dentro de las investigaciones enmarcadas en la biología del comportamiento las, utilizando la terminología de Ernst Mayr (1961), causas últimas. Éstas responden a los interrogantes por el valor adaptativo de una determinada

conducta y cómo ésta ha surgido a través de la historia evolutiva de la especie en cuestión. De este modo, la ecología del comportamiento incorporaba dentro de sus objetivos la necesidad de comprender la conducta de los organismos sobre la base de principios y consideraciones evolutivas, combinando ideas de evolución, ecología y etología para dar cuenta de los comportamientos en términos de las causas últimas. En efecto, para responder a los nuevos interrogantes relativos a la evolución y función adaptativa de los comportamientos, hubo que recurrir a un marco teórico evolutivo que permitiese brindar las explicaciones deseadas. Dicho marco teórico no fue otro que el correspondiente a la TSE. La continuidad establecida entre la TSE y la ecología del comportamiento puede verse expresadas en las siguientes palabras de Nicholas Davies, John Krebs y Stuart West:

[...] durante la evolución, la selección natural favorecerá individuos que adopten estrategias de vida que maximicen su contribución génica a futuras generaciones [...] debido a que el éxito en sobrevivir y reproducirse de un individuo depende críticamente de su comportamiento, la selección tenderá a diseñar individuos que sean eficientes en tareas de forrajeo, evitación de predadores, formación de parejas, cuidado parental, etcétera. (Davies *et al.*, 2012, p. 21)

El compromiso epistemológico que la ecología del comportamiento asumió con la TSE parece haberla conducido a asumir el concepto de gen que operaba en dicho escenario. Como se sabe, la genética de poblaciones ocupó un rol central en la TSE y la misma operaba con el concepto clásico de gen (Gilbert, 2000). Por tal motivo, aquellas áreas que asumieran el marco teórico de la genética de poblaciones se comprometerían con el concepto de gen-p. A propósito de lo dicho, Moss escribe:

El gen de la genética de poblaciones es el gen-p. Es un generador de diferencias abstracto metodológicamente tratado como una unidad atómica independiente. La genética de poblaciones tomó un constructo instrumental y lo transformó en un formalismo matemático. La Síntesis Moderna [...] explicó hábilmente cómo la evolución podría funcionar si los organismos estuvieran realmente compuestos por genes-p. Pero no lo están. (Moss, 2003, p.63)

A partir de las consideraciones realizadas y de las palabras de Moss, puede sencillamente comprenderse que la ecología del comportamiento, al asumir el marco teórico de la TSE, se comprometió con el concepto de gen-p. Procuraremos mostrar a continuación el modo en que tal concepto opera en la matriz teórica de dicha subdisciplina.

En términos generales, el escenario epistémico de la ecología del comportamiento se caracteriza básicamente por dos conjuntos teóricos principales que fueron fundamentales en la consolidación de la subdisciplina durante la década de 1970 (Barnard, 2004). Estos son: la noción de William Hamilton (1964) de fitness inclusivo y el desarrollo de modelos económicos de toma de decisiones que utilizan la teoría de optimalidad como marco explicatorio¹. Realizaremos una descripción somera de cada uno de ellos considerando

que las mismas responden al objetivo del presente trabajo: la comprensión de los programas de investigación en su relación con la forma en que se conciben a los genes. Comencemos, pues, con la descripción del primero de esos elementos. El concepto de fitness inclusivo emergió de la búsqueda de una solución a uno de los problemas históricos de la biología del comportamiento, el referido a cómo explicar el altruismo. Si bien el concepto de fitness admitió históricamente distintas interpretaciones (ver Rosenberg y Bouchard, 2010) desde Charles Darwin hasta mediados del siglo XX fue considerado básicamente una medida de supervivencia y éxito reproductivo individual. La paradoja a resolver era entonces, cuál podía ser el significado adaptativo de un comportamiento altruista que podía ser perjudicial para aquel individuo que lo desarrollara. Una de las respuestas surgió de la pluma de Hamilton, quien propuso que, alternativamente, el fitness podía ser entendido como la contribución diferencial de alelos en el pool génico de la población (Hamilton, 1964). De esta manera, un gen podría propagarse a expensas de su portador en tanto los costos que debe pagar el individuo con su conducta redunden en ventajas a sus parientes u otros individuos portadores del mismo gen (Hamilton, 1964). Como los parientes tienden a poseer los mismos alelos por descendencia común, los alelos del individuo que desarrolla la conducta altruista pueden aumentar su frecuencia en próximas generaciones al margen de que el comportamiento no sea ventajoso para aquel que lo realiza, simplemente en virtud de la reproducción diferencial de aquellos a los que el individuo ayuda. El concepto introducido por Hamilton permitió explicar la permanencia en el tiempo del fenotipo altruista, postulando que tal comportamiento segrega junto a los alelos que lo determinan. La representación alélica y del fenotipo en la población puede deberse a la propia reproducción de un individuo altruista o a la reproducción de otro individuo portador del mismo alelo. Así, la noción de fitness inclusivo se sustenta, al menos en parte, en una conceptualización clásica del gen en la que se concibe una relación predictiva y preformacionista entre un alelo y un comportamiento. Con este concepto de gen operando en la matriz teórica del área, se encontró una solución parcial a la explicación del altruismo y el comportamiento social, ya que se pudo recurrir al imperante mecanismo de la selección natural. Los individuos podrían maximizar su fitness tanto directa como indirectamente a través de sus parientes (Trivers, 2002).

Veamos ahora brevemente el otro conjunto teórico vigente que contribuyó a la consolidación de la ecología del comportamiento como subdisciplina de la biología: la teoría de optimalidad. Ciertamente, la forma más utilizada en ecología de comportamiento de poner a prueba las distintas hipótesis adaptativas es la comparación en términos de costos y beneficios entre los comportamientos de clases de individuos de una misma especie. Esta aproximación asume que la selección natural produce fenotipos que, sujetos a ciertas restricciones, son localmente óptimos, es decir, maximizan el fitness de los individuos (McNamara *et al.*, 2001). En la aplicación de dichos modelos se suelen realizar una serie de suposiciones básicas acerca de aspectos relevantes del sistema biológico bajo estudio. Una de las más significativas a los fines del presente trabajo es la correspondiente a la relación asumida entre el nivel genético y las estrategias comportamentales. Diversos autores comentan que los ecólogos comportamentales

modelan la evolución de los comportamientos como si estuviesen controlados por el más simple de los sistemas genéticos, es decir, como si cada estrategia comportamental estuviera representada por un alelo en un locus haploide (Grafen, 1984; Owens, 2006; Fawcett *et. al.*, 2013). Aquí se vislumbra nuevamente la conceptualización clásica que el área realiza del gen, en la medida en que los modelos de optimalidad suponen que la aparición y propagación de una estrategia comportamental dada depende de un alelo.

Tal como se ha podido observar, dos de los desarrollos principales de la ecología del comportamiento en la actualidad presuponen una relación lineal y predictiva entre los genes y los comportamientos, otorgando una centralidad al nivel genético como ámbito de explicación del programa de investigación en cuestión. Tal matriz teórica se sustenta, en parte, en el concepto de gen-p.

El gen en la matriz teórica de la genética del comportamiento

Otra de las principales subdisciplinas de la biología del comportamiento es la denominada genética del comportamiento. Este programa de investigación indaga precisamente la relación entre los genes y el fenotipo comportamental utilizando dos estrategias de análisis diferentes. Una es la estrategia de la genética cuantitativa, la cual reposa en métodos y conceptos de la genética de poblaciones y la otra es la estrategia de la genética molecular, que lo hace en métodos y conceptos de la biología molecular (Longino, 2012). Las diferencias entre las estrategias apuntan básicamente al tipo de preguntas que tiene sentido realizar respecto de los genes, a la escala involucrada y a las metodologías que utilizan las mismas para dar respuesta a tales interrogantes.

Los estudios de la genética del comportamiento comenzaron aproximadamente en la década de 1920 con investigaciones que utilizaban los métodos de la genética cuantitativa, como ser estudios que involucraban líneas animales endogámicas, selección artificial, y estudios familiares de adopción y de gemelos idénticos en el caso del ser humano. Básicamente, los análisis de la genética cuantitativa buscan descomponer la varianza fenotípica existente en una población de individuos en componentes de varianza genética y ambiental. Es decir, estos estudios se preguntan cuánto de la variación observada en un comportamiento en una población determinada puede ser atribuido a diferencias genéticas de algún tipo entre los individuos y cuánto puede ser atribuido a diferencias ambientales a las cuales se encuentran expuestos. Por otro lado, la estrategia asociada a la genética molecular apunta al reconocimiento e identificación de áreas genómicas particulares que contengan genes específicos –o marcadores que segreguen junto con dichos genes- con un efecto en un comportamiento determinado. En general, a las estimaciones de la genética cuantitativa le sucede la búsqueda de aquellos genes vinculados con la variación fenotípica (Plomin *et. al.*, 2013). Así, se rastrean a lo largo del genoma polimorfismos genéticos que correlacionen con un rasgo comportamental en cuestión. Con este fin, una de las metodologías más utilizadas en la actualidad es la que se conoce como GWAS (Genome Wide Association Studies). Estos estudios sondean gran parte del genoma en busca de asociaciones entre rasgos cuantitativos y variantes nucleotídicas denominadas

SNPs (single nucleotide polymorphisms). Como el nombre lo indica, se trata de diferencias en un único nucleótido halladas en un grupo de individuos. Si tales variantes se encuentran con mayor frecuencia en aquellos individuos que presentan determinado comportamiento o patología, se estima que en aquella región del genoma residen uno o más genes que contribuyen con su ocurrencia (Pearson y Manolio, 2008).

Al margen de las diferencias entre las estrategias mencionadas, cabe reconocer que la genética del comportamiento establece en todo caso asociaciones entre genes y rasgos fenotípicos, aspecto que, como hemos mostrado anteriormente, resulta difícil de sostener a partir de las críticas realizadas al concepto clásico de gen. Así, en la genética del comportamiento, un gen opera generando un efecto funcional sobre el fenotipo, contribuyendo en algún grado variable en la magnitud cuantificable de un comportamiento dado. De hecho, las investigaciones de la genética del comportamiento rara vez se involucran en los caminos causales que conectan al nivel genético con el fenotípico (Turkheimer, 2012), tal como cabe esperar de un programa que conceptualiza a los genes a la manera de la genética clásica.

Para finalizar, concluiremos el artículo con una breve reflexión acerca de algunas de las implicancias epistemológicas que presenta el caso aquí planteado.

Consideraciones finales

En estas notas acerca de la conceptualización de los genes en algunos programas de la biología del comportamiento nos hemos limitado simplemente a comprender el modo en que el nivel genético es incorporado en dos de los marcos teóricos más significativos del área. A lo largo de la argumentación, hemos aportado algunos elementos que muestran un compromiso teórico de la ecología del comportamiento y de la genética del comportamiento con el concepto clásico de gen o el gen-p. A su vez, hemos delineado algunas críticas que apuntan en la dirección de repensar la legitimidad de tal conceptualización en la matriz teórica de los programas de investigación analizados.

En principio, consideramos que los cuestionamientos no implican necesariamente un abandono de tales marcos teóricos por parte de los investigadores. Sin embargo, sí se requieren de ciertas precauciones epistemológicas que logren evitar conclusiones equívocas y que alumbren algunos aspectos soslayados de nuestra práctica científica actual. En lo que respecta al primer punto, debe ser resaltado y recordado que el concepto de gen-p presupone un preformacionismo instrumental, no ontológico (Moss, 2008). Esto significa que la presencia de ciertos alelos, bajo ciertas condiciones ambientales controladas, permiten predecir la aparición de determinados comportamientos. El problema reside en que tal concepto emergió de una subdisciplina puramente experimental que podía controlar de manera eficaz las condiciones ambientales y genéticas de los organismos. No es el caso de la ecología del comportamiento ni el de la genética del comportamiento cuando se aplica al estudio del ser humano. Por ello, es necesario que los científicos no olviden los peligros que presenta el cruce de conceptos a través de fronteras entre áreas de conocimiento. Sucede a menudo que las condiciones de contorno

epistémico que justifican la aplicación del concepto suelen ser relegadas cuando son apropiadas por otros campos. En el caso del concepto clásico de gen, el hecho de que un concepto meramente instrumental funcione como fundamento de ciertos marcos teóricos de la biología del comportamiento merece ser reconocido y problematizado por los propios investigadores.

Por otro lado, cabe preguntarse qué nos informa la permanencia de esta forma de pensar a los genes en ciertos programas de investigación que ha recibido numerosas críticas por parte de otros sectores de la biología. Sin expectativas de profundizar en una reflexión que ciertamente merece un tratado aparte, consideramos que se ha instaurado en la práctica científica actual un modo de razonar instrumental, motivado por los alcances de los desarrollos tecnocientíficos, que ensalza el valor de lo utilitario por sobre el valor de verdad del conocimiento. En relación a lo discutido en el presente trabajo, lo dicho se expresa en la capacidad predictiva que presenta el concepto de gen-p, independientemente de todas las complejizaciones conocidas que se encuentran en la red de procesos que relaciona al ADN con el fenotipo comportamental.

Notas

1. Cabe señalar que hemos dejado de lado el concepto central de estrategias evolutivamente estables adrede, por considerarlo un caso más de la teoría de optimalidad.

Bibliografía

- BARNARD, C. (2004). *Animal behavior: mechanism, development, function and evolution*. Essex: Pearson Education Limited.
- DAVIES, N., KREBS, J. Y WEST, S. (2012). *An introduction to behavioral ecology*. Londres: Blackwell Scientific Publications.
- FAWCETT, T., HAMBLIN, S. Y GIRALDEAU, L. (2013). Exposing the behavioral gambit: the evolution of learning and decision rules. *Behavioral Ecology*, 24 (1), 2-11.
- FOX KELLER, E. (2000). *The Century of the Gene*. Cambridge: Harvard University Press.
- FOX KELLER, E. (2013). Genes as difference makers. En S. Krimsky y J. Gruber (Eds.), *Genetic Explanations. Sense and Nonsense* (pp. 34-42). Cambridge: Harvard University Press.
- GILBERT, S. (2000). Genes classical and genes developmental. The different use of genes in evolutionary syntheses. En P. Beurton, R. Falk y H. Rheinberger (Eds.), *The Concept of the Gene in Development and Evolution. Historical and Epistemological Perspectives* (pp. 178-192). Cambridge: Cambridge University Press.
- GRAFEN, A. (1984). Natural selection, kin selection and group selection. En J. Krebs y N. Davies (Eds.), *Behavioural Ecology: An Evolutionary Approach* (pp. 62-84). Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- HAMILTON, W. (1964). The genetical evolution of social behaviour. *Journal of theoretical biology*, 7, 17-52.
- JABLONKA, E. (2006). Genes as followers in evolution – a post-synthesis synthesis? *Biology*

and *Philosophy*, 21, 143-154.

- JABLONKA, E. Y LAMB, M. (1995). *Epigenetic Inheritance and Evolution*. Nueva York: Oxford University Press.
- JABLONKA, E. Y LAMB, M. (2005). *Evolution in Four Dimensions*. Cambridge: The MIT Press.
- JABLONKA, E. Y LAMB, M. (2010). Transgenerational Epigenetic Inheritance. En G. Müller y M. Pigliucci, (Eds). *Evolution: The Extended Synthesis* (pp. 137-174). Cambridge: MIT Press.
- JABLONKA, E., LAMB, MARION Y AVITAL, E. (1998). 'Lamarckian' Mechanisms in darwinian evolution. *Trends in Ecology and Evolution*, 13, 206-210.
- LONGINO, H. (2012). Knowledge for What? Monist, Pluralist, Pragmatist Approaches to the Sciences of Behavior. En K. Plaisance y T. Reydon (Eds.), *Philosophy of Behavioral Biology* (pp. 25-40). Londres: Springer.
- MAYR, E. (1961). Cause and Effect in Biology. *Science*, 134 (3489), 1501-1506.
- MCNAMARA, J., HOUSTON, A. Y COLLINS, E. (2001). Optimality Models in Behavioral Biology. *Society for Industrial and Applied Mathematics*, 43 (3), 413-466.
- MORGAN, T. (1926). *The theory of the gene*. New Haven: Yale University Press.
- MOSS, L. (2003). One, two (too?), many genes? *The Quarterly Review of Biology*, 78 (1), 57-67.
- MOSS, L. (2008). The Meanings of the Gene and the Future of the Phenotype. *Genomics, Society and Policy*, 4 (1), 38-57.
- NEWMAN, S. Y MÜLLER, G. (2000). Epigenetic Mechanisms of Character Origination. *Journal of Experimental Zoology*, 288, 304-317.
- OWENS, I. (2006). Where is behavioral ecology going? *Trends in Ecology and Evolution*, 21, 356-36.
- PEARSON, T. Y MANOLIO, T. (2008). How to Interpret a Genome-wide Association Study. *Journal of the American Medical Association*, 299 (11), 1335-1344.
- PLOMIN, R., DEFRIES, J., KNOPIK, V. Y NEIDERHISE, J. (2013). *Behavioral genetics*. Nueva York: Worth Publishers.
- RHEINBERGER, H., MÜLLER-WILLE, S. Y MEUNIER, R. (2015). Gene. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, URL = <<http://plato.stanford.edu/archives/spr2015/entries/gene/>>.
- ROSENBERG, A. Y BOUCHARD, F. (2010). Fitness. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, URL = <<http://plato.stanford.edu/archives/fall2010/entries/fitness/>>.
- TRIVERS, R. (2002). *Natural Selection and Social Theory: Selected Papers of Robert Trivers*. Nueva York: Oxford University Press.
- TURKHEIMER, E. (2012). Genome Wide Association Studies of Behavior are Social Science. En K. Plaisance y T. Reydon (Eds.), *Philosophy of Behavioral Biology* (pp. 43-64). Londres: Springer.
- WATERS, K. (1994). Genes made molecular. *Philosophy of Science*, 61 (2), 163-185.
- WATERS, K. (2004). What was classical genetics? *Studies in History and Philosophy of Science*, 35 (4), 783-809.
- WATERS, K. (2007). Causes that make a difference. *The Journal of Philosophy*, 104 (11), 551-

As investigações de Edith Rebecca Saunders sobre a hereditariedade: 1902-1908

Ana Paula de Oliveira Pereira de Morais Brito*, Lilian Al-Chueyr Pereira Martins†

Introdução

Em 1900 ocorreu a chamada “redescoberta” do trabalho de Gregor Mendel (1822-1884). Diversos pesquisadores que trabalhavam com cruzamentos experimentais que produziam híbridos, obtiveram resultados cujos padrões de herança se assemelhavam aos obtidos por Mendel (Mendel, 1866). Entretanto, nem todos prosseguiram nessa linha de pesquisa como o cientista inglês William Bateson (1861-1926).

Desde 1897, Bateson já vinha realizando cruzamentos experimentais não apenas com plantas, mas também com animais como, por exemplo, galinhas, canários e borboletas. Ele estava interessado em conhecer os padrões de herança nesses organismos. Há várias versões de como Bateson tomou conhecimento do artigo de Mendel em 1900 como a apresentada por Olby (1987), por exemplo. O fato é que ele expôs as ideias de Mendel em uma conferência proferida na *Royal Horticultural Society* em Londres no mesmo ano. Em 1902 em seu livro *Mendel's principles of heredity* apresentou a tradução para a língua inglesa do artigo de Mendel sobre os padrões de herança em ervilhas do gênero *Pisum*¹ (Martins, 2002, p. 36).

Pode-se dizer que Bateson se dedicou ao programa de pesquisa mendeliano (Martins, 2002; Lorenzano, 2006). Durante o período considerado neste estudo foi o líder das pesquisas mendelianas nos países de língua inglesa. Juntamente com Edith Rebecca Saunders (1865-1945), Reginald Crundall Punnett (1875-1967), Florence Duham (1869-1949), Dorothea Marryat (1880-1928), Muriel Wheldale (1880-1932), Charles Chamberlain Hurst (1870-1947), Leonard Doncaster (1877-1920), Rowland Biffen (1874-1949), dentre outros (Sturtevant, 1965, p. 201) procurou investigar não apenas os casos que estavam de acordo com os princípios mendelianos, mas também os desvios e exceções em um amplo material experimental. Este envolvia plantas como *Lathyrus odoratus*, *Matthiola incana*, *Primula sinensis*, trigo e também animais como galinhas e borboletas. Além disso, é atribuída a Bateson a introdução de uma nova terminologia que não estava presente no trabalho de Mendel como, por exemplo, alelomorfo (alelo), homocigoto, heterocigoto, F1, F2.

Nessa mesma época, alguns citologistas tais como T. H. Montgomery (1873-1912), Walter Sutton (1877-1916) e Theodor Boveri (1862-1915) sugeriram que os elementos responsáveis pela transmissão das características hereditárias estivessem vinculados aos cromossomos e que os processos celulares poderiam explicar as “leis” de Mendel. Esta proposta é chamada geralmente de “hipótese cromossômica de Sutton-Boveri”. Entretanto, na primeira década do século XX

* Universidade de São Paulo, paulambrito@ig.com.br

† Universidade de São Paulo, lacpm@ffclrp.usp.br

ela apresentava muitos problemas e poucas evidências que a substanciassem. Devido a isso, muitos cientistas como Bateson, Wilhelm Johannsen (1857-1927) e Thomas Hunt Morgan (1866-1945) não a aceitavam. Por outro lado, a proposta de Bateson não priorizava os aspectos citológicos, embora em Cambridge, ele tivesse colaboradores que eram bons citologistas como Leonard Doncaster.

Ao contrário da maioria de seus colegas, Bateson contou com a colaboração de diversas mulheres. Nosso objetivo não é discutir as contribuições de Bateson isoladamente, mas procurar elucidar quais foram as contribuições de Edith Rebecca Saunders, entre 1902 e 1908. Porém, no período considerado, a maioria dos trabalhos de Saunders foi feita em coautoria. De um modo geral, os resultados obtidos nessas investigações são atribuídos somente a Bateson ou a Bateson e Punnett.

Edith Rebecca Saunders

Natural de Brighton, Saunders iniciou seus estudos no *Handsworth Ladies' College*, próximo de Birmingham. Em 1884 foi admitida no *Newnham College* em Cambridge, onde estudou ciências naturais. Destacou-se por sua habilidade nos experimentos com vegetais. Em 1899, assumiu o cargo de diretora do *Balfour Biological Laboratory for Women* (Richmond, 2001, p. 56; Haldane, 1945, p. 385; Thomas, 1945, p. 75).

No final da década de 1890, Saunders passou a integrar o grupo de Bateson. Nessa época, ele já trabalhava com cruzamentos experimentais que produziam híbridos, seguindo a tradição bastante ativa na ocasião da publicação do *Origin of species*, de Darwin (1859). Além de Punnett, Charles Chamberlain Hurst, Leonard Doncaster e Rowland Biffen (1874-1949), o grupo era constituído por algumas mulheres como Florence Durham, Muriel Whedale, Emma Nora Darwin (1885-1989) e Hilda Nanette Kilby (1877-1962) (Richmond, 2006, p. 581). Thomas Hunt Morgan, por exemplo, a partir de 1910, recrutava mulheres apenas para trabalharem como técnicas. Seu grupo era predominantemente masculino. As mulheres não ocupavam posições oficiais e nem apareciam em fotografias (Brito, 2008, pp. 21-22).

Os nomes das pesquisadoras que integravam o grupo de Bateson entre 1900-1910 aparecem na tabela logo abaixo (Figura 1)

Nome	Data	Instituição de origem
Darwin, Emma Nora	1885-1989	Nenhuma
Durham, Florence Margaret	1869-1948	<i>Girton</i>
Kilby, Hilda Nanette Blanche Praeger	1877-1962	<i>Newnham</i>
Marryat, Dorothea Charlotte Edith	1880-1928	<i>Newnham</i>
Saunders, Edith Rebecca (Becky)	1865-1945	<i>Newnham</i>
Sollas, Igera B. Johnson (Hilda)	1877-1965	<i>Newnham</i>
Whedale, Muriel	1880-1932	<i>Newnham</i>

Figura 1: Relação de pesquisadoras que constituíam o grupo de Bateson de 1900 a 1910.

Fonte: Richmond, Marsha. The “domestication” of heredity: the familial organization of geneticists at Cambridge University, 1895-1910. *Journal of the History of Biology*, pp. 565-605, 2006, p. 579.

Entre 1902 e 1908 Bateson e Saunders apresentaram diversos relatórios ao *Evolution Committee* da *Royal Society* de Londres. Em alguns deles, contaram com a colaboração de Punnett. Esses relatórios, contendo os resultados obtidos em cruzamentos experimentais, foram publicados no periódico *Reports to the Evolution Committee of the Royal Society*. A partir de 1910, Bateson, Saunders e outros membros do grupo publicaram também em outros periódicos conceituados como por exemplo, *Journal of Genetics*, *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* e *Proceedings of the Royal Society of London* (Richmond, 2001, p. 90).



Figura 2: Edith Rebecca Saunders (1865-1945)

Fonte: http://www.nature.com/nrg/journal/v8/n11/box/nrg2200_BX1.html

Os estudos de Saunders

Como mencionamos anteriormente, Saunders dedicou-se principalmente ao estudo da herança em vegetais. Em sua primeira publicação, como única autora, apresentou os resultados de cruzamentos experimentais em *Biscutella*. Esses resultados corroboravam a descontinuidade

das variações (Saunders, 1897, pp. 11-26; Richmond, 2006, p. 570). Nesse trabalho é possível perceber um extremo cuidado em termos metodológicos.

Após o artigo acima mencionado, Saunders publicou diversos trabalhos dentro do arcabouço do programa de pesquisa mendeliano, em parceria com Bateson ou com Bateson e Punnett, sobre os quais comentaremos a seguir. Os principais aspectos tratados foram exceções e desvios dos princípios mendelianos; determinação de sexo e proposta de uma nova terminologia.

3.1 *Desvios dos princípios mendelianos*

O primeiro relatório de Saunders em co-autoria com Bateson (primeiro autor) continha os resultados das investigações iniciadas em 1897 e foi publicado cinco anos depois (Bateson & Saunders, 1902, pp. 13-87; Richmond, 2001, p. 66). Na primeira parte, os autores apresentaram os resultados de experimentos com três gêneros de plantas: *Lychnis*, *Datura* e *Matthiola*. Concluíram que: “O fenômeno em *Lychnis* e *Datura* segue a ‘lei de Mendel’² com considerável exatidão, e nenhuma exceção foi descoberta” (Bateson & Saunders, 1902, p. 13). Mas, em *Matthiola*, embora os resultados de alguns cruzamentos seguissem os padrões mendelianos de herança, o mesmo não se aplicava a outros casos. Por exemplo, ao cruzar um tipo de *Matthiola* de flores peludas brancas com vários tipos com flores lisas de diversas cores, foram obtidos na primeira geração híbridos com flores de cor púrpura e, às vezes, misturas (por exemplo, cor-de-rosa, no cruzamento branco com vermelho) (Martins, 2002, p. 46).

Ainda em *Matthiola* perceberam que havia características que eram sempre herdadas associadas contrariando o princípio da “segregação independente” de Mendel. Por exemplo, se as flores fossem de cor púrpura, as sementes apresentavam a coloração verde e havia uma associação entre folhas peludas ou lisas e a cor da semente que era verde ou marrom. (Bateson & Saunders, 1902, pp. 68-81). No entanto, somente quatro anos mais tarde, em 1906, Bateson, Saunders e Punnett procuraram explicar os resultados obtidos em *Matthiola*.

Ao finalizar o relatório, os autores apresentaram vários casos que contrariavam os princípios de Mendel, o que sugeria a existência de outros princípios além dos apresentados por Mendel. Eles assim se expressaram:

No caso de *Matthiola* e em galinhas, foram aparentemente encontrados exemplos de violações definidas da lei de Mendel. É certo que essas exceções indicam, de qualquer forma, a existência de outros princípios que não podemos formular ainda. Mas além desse caso, há três classes distintas de fenômenos encontrados em cruzamentos aos quais os princípios mendelianos não podem ser aplicados facilmente (Bateson & Saunders, 1902, p. 152; Martins, 2002, p. 47)

Eles classificaram os fenômenos especiais com os quais haviam se deparado em três categorias, a saber:

- I - a herança ordinária por mistura ou combinação
- II- casos em que a forma resultante do primeiro cruzamento se reproduz fielmente
- III- os falsos híbridos de Millardet (Martins, 2002, p. 47)

No relatório de 1905 os autores mencionaram que haviam encontrado tanto novos casos que estavam de acordo com os princípios de Mendel, como casos de violação dos mesmos. Nos resultados de cruzamentos com ervilhas de cheiro (*Lathyrus odoratus*), detectaram a existência de uma associação entre a cor das flores e formato do pólen: “Existe, portanto, alguma associação [*coupling*] entre o formato do pólen e cores” (Bateson, Saunders & Punnett, 1905, p. 89; Martins, 1997, cap. 5, p. 2). Essa associação de características que eram herdadas juntas contrariava o princípio da segregação independente de Mendel.

Como mencionamos anteriormente, Bateson, Saunders e Punnett apresentaram uma primeira explicação para o caso de *Matthiola*, no relatório de 1906. Propuseram que os resultados encontrados eram devidos à interação entre vários fatores³, dois deles responsáveis pelo aparecimento de folhas peludas e dois pelas cores. Os fatores para os pelos só apareciam quando os fatores para as cores estavam presentes (Bateson, Saunders & Punnett, 1906, p. 40).

Como vimos, o nome de Saunders aparece associado ao de Bateson e algumas vezes também ao de Punnett em diversos relatórios. Neles são apresentados tanto resultados experimentais que corroboravam os princípios de Mendel como desvios dos mesmos. Fica, entretanto, difícil saber até que ponto foi a colaboração de Saunders, ou seja, se ficou restrita somente ao trabalho puramente experimental ou se ela participou também das explicações apresentadas. Por exemplo, a teoria da reduplicação sugerida mais tarde para explicar o aparecimento de um maior número de combinações parentais nos cruzamentos, é atribuída somente a Bateson e Punnett.

3.2 Estudos sobre determinação de sexo

No início do século XX, foram muito importantes os estudos sobre determinação de sexo. Nas etapas iniciais do estabelecimento de teoria cromossômica era fundamental mostrar que existia uma relação entre algum cromossomo ou certos cromossomos especiais localizados no interior do núcleo dos gametas e alguma característica externa que fosse visível. Vários pesquisadores contribuíram para isso, como por exemplo, Clarence Erwin McClung (1858-1942), Nettie Maria Stevens (1861-1912) e Edmund Beecher Wilson (1865-1939). Esses cientistas trabalhavam inicialmente com a espermatogênese em insetos e depois com a ovogênese.

Inicialmente Bateson e Saunders fizeram poucas considerações sobre a determinação de sexo. Eles assim se expressaram:

Há um corpo de evidências em favor da visão de que a diferenciação sexual é um fenômeno de diferenciação gamética. As evidências, todavia, apontam que a diferenciação é um fenômeno das células masculinas, algumas vezes da célula feminina e outras de ambos. Nossa atenção tem se voltado para os estudos de McClung⁴ [...]. Isso tem sido objeto de estudo de muito citologistas americanos. (Bateson & Saunders, 1902, p. 142).

Posteriormente, em 1905, Bateson, Saunders e Punnett discutiram a segregação gamética em ervilhas (*Sweet peas*) comparando-a aos outros casos de herança que seguiam os padrões mendelianos. Fizeram uma breve menção trabalho de William Castle⁵ (1875-1967).

Foi somente em um relatório posterior (1908) que os autores abordaram a determinação de sexo. Bateson e Saunders analisaram certas flores que podiam ser simples ou duplas. Realizaram cruzamentos e concluíram que todos os gametas masculinos eram de um único tipo, enquanto os femininos eram de dois tipos diferentes. Discordaram dos estudos de Castle sobre determinação de sexo, pois não admitiam a dominância variável e nem fertilização seletiva.

Apesar de aceitarem que o sexo podia ser herdado de forma mendeliana, a princípio não aceitavam a teoria cromossômica. Não propuseram nenhuma explicação associada à teoria cromossômica.

3.3 Proposta de nova terminologia e estudos citológicos

No relatório de 1902, de autoria de Bateson e Saunders, foram propostos vários termos destinados a esclarecer a teoria de Mendel, tais como: *alelomorfo*, *homozigoto* e *heterozigoto*. A introdução dessa terminologia é atribuída geralmente a Bateson. Os autores assim se expressaram:

Ao cruzar duas formas que exibem caracteres antagônicos, são produzidos híbridos [*cross-breeds*]. As células germinativas desses híbridos são de dois tipos, cada uma sendo pura a respeito de um dos caracteres parentais. Essa pureza das células germinativas, e sua impossibilidade em transmitir ambos os caracteres antagônicos, é o fato central provado pelo trabalho de Mendel. Nós então chegamos à concepção de caracteres unitários existentes em pares antagônicos. Tais caracteres nós propomos chamar *alelomorfos*, e ao zigoto formado pela união de gametas alelomorfos opostos nós chamamos de *heterozigoto*. Similarmente, o zigoto formado pela união de gametas que possuam alelomorfos similares pode ser conhecido como *homozigoto* [...] (Bateson & Saunders, 1902, p. 26).

No que diz respeito à relação entre citologia e “leis de Mendel”, Bateson e Saunders comentaram muito pouco:

Por último, é impossível ser apresentado ao fato de que os casos mendelianos os cruzamentos produzem em média números iguais de gametas de cada tipo, ou seja, um resultado simétrico, sem suspeitar que esse fato deva corresponder a alguma forma simétrica da distribuição desses gametas de cada tipo, ou seja, um resultado simétrico, sem suspeitar que esse fato deva corresponder a alguma forma simétrica da distribuição desses gametas nas divisões celulares que os produzem (Bateson & Saunders, 1902, p. 42).

Bateson e Saunders aceitavam a concepção mais comum do final do século XIX, de que o núcleo celular dos gametas era o repositório dos caracteres hereditários. Porém, não entraram em maiores detalhes sobre o assunto.

Considerações Finais

A presente análise mostrou que a maioria das publicações de Saunders, no período considerado, está vinculada a Bateson e que seu nome aparece sempre em segundo lugar. As contribuições oferecidas dizem respeito à confirmação dos princípios de Mendel em diferentes organismos;

à investigação e apresentação dos desvios dos mesmos; à determinação de sexo em vegetais e à introdução de uma nova terminologia.

Sem ter acesso a outras fontes como correspondência ou cadernos de laboratório fica difícil caracterizar o escopo das contribuições de Saunders: se ficaram restritas apenas à execução dos experimentos com cruzamentos e à identificação e descrição dos fenômenos encontrados ou se envolveram também a explicação dos mesmos ou a proposta de novas terminologias. Esperamos futuramente ter acesso a fontes que possam trazer esclarecimentos sobre alguns desses pontos. Além disso, pretendemos analisar os estudos feitos posteriormente em que Saunders atuou sozinha.

No entanto, qualquer que seja o aspecto para o qual Saunders trouxe maiores contribuições no período, seu nome merece ser lembrado como um personagem importante no desenvolvimento do programa de pesquisa mendeliano.

Saunders conseguiu uma posição na academia em Cambridge bem antes de Bateson. É bem possível que a experiência obtida em seu trabalho com Bateson tenha contribuído para o seu amadurecimento como pesquisadora, estabelecimento profissional e reconhecimento por seus pares.

Consideramos que não por uma questão de gênero, mas por uma questão de mérito, o nome de Saunders deveria figurar com maior destaque ao lado de Bateson, Punnett e outros pesquisadores mencionados na presente pesquisa.

Agradecimentos

As autoras agradecem à CAPES, CNPq e FAPESP pelo apoio recebido para o desenvolvimento desta pesquisa.

Notas

1. Esta tradução foi feita por C. T. Druery e publicada no *Journal of the Royal Horticultural Society* em 1901. No *Mendel's principles of heredity; a defence*, Bateson reproduziu a tradução de Druery com algumas modificações.
2. Bateson e Saunders empregaram neste relatório a expressão “leis de Mendel” grafada entre aspas (Bateson & Saunders, 1902, p. 13) conforme reproduzimos neste artigo.
3. 3 Em 1902, Bateson já utilizava o termo “fator” [*factor*] (Bateson & Saunders, *Reports to the Evolution Committee of the Royal Society*. I., 1902, p. 11). Ele passou a empregar a palavra fator [*factor*] de forma frequente em seus trabalhos a partir de 1905 para se referir àquilo que se encontrava no interior dos gametas e que era responsável pela transmissão das características hereditárias (Bateson, Saunders & Punnett, *Reports to the Evolution Committee of the Royal Society* III, 1906, p. 3, p. 7, p; 31; Bateson, Saunders & Punnett, *Reports to the Evolution Committee of the Royal Society* IV, p. 8, p. 10).
4. Erwin Clarence McClung (1870-1946) investigou a espermatogênese de gafanhotos e propôs uma hipótese que relacionava a presença do cromossomo X (que ele chamou de “acessório”) à determinação de masculinidade. Bateson considerou essa relação importante (Martins, 1999, p. 254; Brito, 2004, p. 9)
5. Castle acreditava que o sexo era herdado de acordo com os princípios de Mendel, mas não fazia

nenhuma relação com os cromossomos. Para ele, o indivíduo dioico seria heterozigoto possuindo fatores para ambos os sexos, sendo que um seria dominante e outro recessivo. Assim, no macho o fator fêmea seria recessivo e na fêmea o fator macho seria recessivo. Além disso, Castle adotou a hipótese da fertilização seletiva, ou seja, o óvulo poderia atrair e selecionar o tipo de espermatozoide dependendo das circunstâncias, já que segundo ele, não existiria a possibilidade de formas puras.

Bibliografia

- BATESON, W. & SAUNDERS, E. R. (1902). Experimental in the physiology of heredity. *Reports to the Evolution Committee of the Royal Society*, I: 1-160.
- BATESON, W.; SAUNDERS, E. R. & PUNNETT, R. C. (1905). *Reports to the Evolution Committee of the Royal Society*, II: 1-131.
- BATESON, W.; SAUNDERS, E. R. & PUNNETT, R. C. (1906). *Reports to the Evolution Committee of the Royal Society*, III: 1-53; 1906.
- BRITO, A. P. O. P. DE M. (2004). *Nettie Maria Stevens e suas contribuições para a teoria cromossômica: estudos sobre a determinação de sexo*. Dissertação de Mestrado. São Paulo: PUC.
- BRITO, A. P. O. P. DE M. (2008). *Os estudos de Thomas Hunt Morgan sobre determinação de sexo (1900-1924): herança citoplasmática, cromossômica e outras possibilidades*. Tese de Doutorado. São Paulo: PUC.
- GILBERT, S. F. (1978). The embryological origins of the gene theory. *Journal of the History of Biology*, 11: 307-351.
- HALDANE, J. B. S. (1945). Miss E. R. Saunders. *Nature*, 158: 385.
- LORENZANO, P. (2006). La emergencia de un programa de investigación en genética. Em Martins, L. A.-C. P.; REGNER, A. C. K. P.; Lorenzano, P. *Ciências da vida: estudos históricos e filosóficos* (pp. 533-539). Campinas: AFHIC.
- MARTINS, L. A.-C. P. (1997). *A teoria cromossômica da hereditariedade: proposta, fundamentação, crítica e aceitação*. Tese de Doutorado. Campinas: UNICAMP, 1997.
- MARTINS, L. A.-C. P. (1997). Did Sutton and Boveri propose the so-called Sutton-Boveri chromosome hypothesis? *Genetics and Molecular Biology*, 22 (2): 261-271.
- MARTINS, L. A.-C. P. (2002). Bateson e o programa de pesquisa mendeliano. *Episteme*, 14: 27-55, 2002.
- RICHMOND, M. (2001). Women in the early history of Genetics: William Bateson and the *Newnham College Mendelians*, 1900-1910. *Isis*, 92 (1): 55-90.
- RICHMOND, M. (2006). The “domestication” of heredity. The familial organization of geneticists at Cambridge University, 1895-1910. *Journal of the History Biology*, 39: 565-605.
- SAUNDERS, E. R. (1897) On a discontinuous variation occurring in *Biscutella Laevigata*. *Proceedings of the Royal Society*, 62: 11-26.
- THOMAS, H. OBITUARIES OF SAUNDERS. (1945). *Proceedings of the Linnean Society of London*, 158: 75-76.

Weismann e a transmissão de caracteres adquiridos: os cientistas podem mudar de ideia

*Lilian Al-Chueyr Pereira Martins**

1 Introdução

Desde a Antiguidade até o final do século XIX, grande parte dos estudiosos, tais como J. B. P. M. de Lamarck (1744-1829) e Charles Darwin (1809-1882) considerava que modificações adquiridas durante a vida dos indivíduos podiam ser transmitidas aos seus descendentes (Zirkle, 1946; Martins, 2015). Isso incluía características adquiridas pelo uso ou desuso de partes, órgãos ou em alguns casos, mutilações. Além disso, alguns admitiam que os instintos fossem hábitos herdados como, por exemplo, no caso dos cachorros treinados como os *pointers* e *retrievers*¹.

Geralmente o nome de August Friedrich Leopold Weismann (1834-1914) é associado à crítica e rejeição à transmissão de características adquiridas e à distinção entre o “germeplasma” (“plasma germinativo”) e “somatoplasma” (“plasma somático”) (Martins, 2000, p. 279).

Ao que tudo indica, no período que antecedeu à morte de Darwin, Weismann aceitava a transmissão de caracteres adquiridos, não se posicionando contrariamente a esta concepção. Ernst Mayr comentou: “Até a década de 1870 Weismann acreditava na herança de caracteres adquiridos. Não está claro o que exatamente contribuiu para a sua mudança de opinião” (Mayr, 1982, p. 701).

A partir de 1883, Weismann passou a manifestar algumas dúvidas (Weismann [1883], 1889)², que foram se intensificando e sendo acompanhadas de objeções e críticas nos anos que se seguiram. Porém, somente quatro anos depois, ele fez um experimento. Muitas vezes os resultados obtidos nesse experimento são interpretados como uma refutação da transmissão de caracteres adquiridos.

O objetivo deste artigo é discutir sobre o que teria levado Weismann a questionar a transmissão de caracteres adquiridos. Procurará elucidar por que isso ocorreu somente após a morte de Darwin quando, inclusive, ele se envolveu em controvérsias sobre o assunto com colegas como Herbert Spencer (1820-1903)³ ou George John Romanes⁴ (1848-1894), por exemplo (Churchill, 1978; Martins, 2004; Martins, R.; 2008; Martins, R. 2010).

O início dos questionamentos de Weismann

Weismann começou a questionar a transmissão de caracteres adquiridos em uma conferência sobre a hereditariedade, proferida no ano que se seguiu à morte de Darwin (1883). Como estratégia ressaltou o caráter “meramente provisório”⁵ da hipótese da pangênese de Darwin (Weismann, [1883], 1889, p. 78). Esta hipótese oferecia uma explicação para os vários tipos de

* Universidade de São Paulo, Brasil. USP, lacpm@ffclrp.usp.br

herança, mas principalmente para a herança de caracteres adquiridos.

Weismann mencionou que até o momento a herança de caracteres adquiridos não tinha sido questionada. Em suas palavras:

A dificuldade ou impossibilidade de tornar a herança de caracteres adquiridos compreensível pelo apelo a alguma força natural conhecida⁶ tem sido sentida frequentemente, mas até agora ninguém tentou colocar em dúvida a existência dessa forma de hereditariedade (Weismann, [1883], 1889, p. 80).

A seguir, procurou explicar este fato, atribuindo-o a duas razões: “Primeiro, foram registradas observações que pareciam provar a existência deste tipo de transmissão; e em segundo lugar, parecia impossível poder explicá-las sem a suposição da herança de caracteres adquiridos porque ela sempre teve um papel importante na transformação das espécies” (Weismann, [1883] 1889, p. 80).

O autor fez alusão a diversos exemplos descritos na literatura como corroborando a transmissão de caracteres adquiridos, particularmente os apresentados por Darwin no *Variation of animals and plants under domestication*⁷. Porém, ofereceu interpretações diferentes e contrárias a esta concepção. Por exemplo, com relação à vaca que havia perdido um dos chifres por supuração e dado à luz a dois bezerrinhos com o chifre direito rudimentar (Darwin, [1883], 1998, vol. 1, p. 456), Weismann recorreu à explicação dada por Hansen (*Physiologie der Zeugung*) que atribuíra o fato a uma malformação congênita herdada. Relacionou essa malformação a mudanças ocorridas no plasma dos gametas e não no soma⁸ (Weismann, [1883] 1889, p. 81).

Colocou em dúvida o valor desse e de outros experimentos, alegando que a maior parte dos casos descritos não tinha sido observada diretamente ou mostrada experimentalmente. Com relação à herança de mutilações considerou que, apesar de haver descrições que pareciam indicar que perdas de dedos, cicatrizes de ferimentos eram herdadas pelos descendentes, seus antecedentes históricos eram obscuros (Weismann, [1883] 1889, p. 81).

No entanto, houve um caso, dentre os mencionados por Darwin, que mereceu uma maior consideração da parte de Weismann: os experimentos desenvolvidos pelo médico britânico Charles Édouard Brown-Séquard (1817-1894) com porquinhos da Índia, em 1860. Darwin havia se referido às contribuições de Brown-Séquard no *The variation* nos seguintes termos:

Finalmente deve ser admitido a partir das observações de Brown-Séquard, que os efeitos de ferimentos, especialmente quando seguidos por doença, ou talvez exclusivamente quando isso ocorra, são herdados (Darwin, [1883], 1998, vol. 1, p. 470)

Consideramos importante comentar um pouco sobre as observações de Brown-Séquard. Em 1850, ao fazer experimentos com porquinhos da Índia, ele havia percebido que um tipo de epilepsia podia ser induzido em animais que tivessem sofrido lesões no sistema nervoso central (na medula espinhal) e que alguns de seus descendentes eram epiléticos. Além da epilepsia, ele observou o aparecimento de outros sintomas físicos nos descendentes de porquinhos da Índia

que haviam sido submetidos à cirurgia da medula. Esclareceu que a alteração ou disposição orgânica geral do sistema nervoso era transmitida, mas não a lesão em si (Brown-Séguard, 1859; Martins, R., 2008, p. 358). Anos mais tarde publicou um trabalho detalhado sobre o assunto (Brown-Séguard, 1875). Constatou que somente os descendentes de progenitores que tinham se tornado epiléticos após a lesão de sua medula espinhal ou secção do nervo ciático apresentavam a epilepsia. Na maioria dos casos bastava que um dos progenitores sofresse a intervenção. Percebeu que a transmissão de características adquiridas ocorria também em outros casos, a partir de cortes de nervos (cervical, ciático), como por exemplo, a mudança na forma da orelha, fechamento de pálpebra ou ausência de alguns dedos nas patas traseiras.

Weismann se referiu particularmente aos “experimentos que envolviam a aparente transmissão de malformações produzidas artificialmente como, por exemplo, a divisão do nervo ciático produzindo epilepsia até a quinta ou sexta geração”, embora Brown-Séguard tivesse esclarecido que não eram as malformações ou lesões em si que eram transmitidas aos descendentes. Além disso, seus experimentos envolveram muito mais gerações do que as mencionadas por Weismann. No caso da epilepsia, Weismann aventou a possibilidade de ocorrência de infecção durante o processo, com a passagem de algum tipo de organismo para as células reprodutivas (Weismann, [1883] 1889, p. 82). Considerou que esses experimentos deveriam ser repetidos tomando precauções quanto a seu número, natureza, controle e submetidos à crítica rigorosa (Weismann, [1883] 1889, p. 82). Porém, ele próprio não repetiu esses experimentos na ocasião ou posteriormente. Além disso, desconsiderou os resultados obtidos pelos assistentes de Brown-Séguard ao repeti-los. Posteriormente, na década de 1890, George John Romanes, também obteve evidências de que algumas vezes a epilepsia era herdada (Martins, R., 2008, pp. 365-367). Essas evidências também não foram levadas em conta por Weismann.

Quanto à herança de caracteres adquiridos pelo uso e desuso de órgãos ou partes, para Weismann o desenvolvimento de um órgão ou parte estava relacionado à sua importância para a vida do indivíduo. Dependia da ação da seleção natural porque somente os indivíduos que apresentassem esse órgão em sua forma mais perfeita poderiam se reproduzir. Ele explicou que a perfeição da forma de um órgão não era devida ao exercício durante a vida do indivíduo, mas ao fato de “o germe que o originou estar predisposto a produzir um órgão perfeito” (Weismann, [1883] 1889, p. 84).

O experimento de Weismann

Somente quatro anos após ter feito as críticas mencionadas na seção acima, em outubro de 1887, Weismann deu início a um experimento envolvendo cruzamentos (Weismann, [1888], 1889, pp. 431-433). O objetivo desse experimento era trazer esclarecimentos sobre a “suposta transmissão de mutilações” já que “aqueles que apoiavam a transmissão de caracteres adquiridos não tinham testado sua opinião experimentalmente” (Weismann, [1888], 1889, p. 431).

Consideramos importante oferecer ao leitor uma descrição mais próxima possível à de Weismann, pois geralmente em trabalhos que discutem ou fazem considerações sobre esse

experimento (Bowler, 1989, pp. 251-252; Gauthier, 1990, por exemplo) não apresentam maiores detalhes sobre o mesmo.

O material experimental utilizado por Weismann consistia em camundongos brancos com caudas cujo comprimento variava entre 10:05 e 12 mm e que não estavam em processo de redução. Ele seguiu as recomendações feitas um século antes por Charles Bonnet (1720-1793). Bonnet havia sugerido a utilização de ratas ou camundongos, pois o comprimento de suas caudas era uniforme. Além disso, não havia relatos sobre o aparecimento de caudas rudimentares nos mesmos, ao contrário do ocorrido com gatos e cachorros (Weismann, [1888], 1889, p. 431).

Esperando obter resultados que negassem a transmissão de mutilações, Weismann iniciou o experimento em 17 de outubro de 1887. Utilizou 7 fêmeas e 5 machos. Após cortar suas caudas foi separando-os em gaiolas e observando o resultado dos cruzamentos⁹.

Em 16 de novembro nasceram as duas primeiras famílias. Weismann percebeu que os descendentes, ao todo 18, apresentavam caudas normais medindo de 11 a 12mm. Esses camundongos juntamente com os que nasceram posteriormente foram removidos da gaiola, sendo que alguns foram mortos e outros preservados para serem utilizados em outros cruzamentos experimentais.

Na primeira gaiola que continha 12 camundongos da primeira geração, no período de 14 meses (até 16 de julho de 1889), foram gerados 333 descendentes. Weismann constatou que nenhum deles possuía cauda rudimentar ou mais curta que seus parentes que não tinham sido mutilados.

Os 15 camundongos nascidos em 2 de dezembro de 1887 foram removidos para uma segunda gaiola. Tão logo puderam enxergar e desenvolveram sua pelagem, tiveram suas caudas cortadas. De dezembro de 1887 a janeiro de 1889, esses camundongos produziram 237 filhotes. Weismann observou que todos eles apresentavam caudas normais.

No início de maio de 1888, após terem suas caudas cortadas, 14 filhotes da segunda geração foram acomodados em uma terceira gaiola. Weismann observou que nenhum dos 152 descendentes desses camundongos produzidos até 16 de janeiro do ano seguinte (terceira geração) apresentou qualquer anormalidade na cauda. Adotando os mesmos procedimentos, em uma quarta gaiola foram produzidos entre 23 de abril e 16 de janeiro 138 filhotes, todos com caudas normais, constituindo a quarta geração. A seguir, 13 camundongos foram isolados e suas caudas foram amputadas. Entre 23 de abril de 1888 e 16 de janeiro de 1889 essa geração produziu 138 descendentes, todos com caudas normais (quinta geração).

Em janeiro de 1889, 13 camundongos da quinta geração foram isolados e tiveram suas caudas amputadas produzindo 41 descendentes cujas caudas não apresentavam nenhuma redução ou anomalia.

Desse modo, em cinco gerações Weismann constatou que todos os descendentes (901) de camundongos mutilados artificialmente apresentavam caudas de tamanho normal, sem

qualquer redução ou mesmo uma diferença mínima entre os descendentes das primeiras e últimas gerações: “As caudas dos progenitores variaram entre 10:05 e 12 mm e nenhum descendente apresentou cauda menor que 10:05mm” (Weismann, [1883] 1889, pp. 432-433).

A seguir Weismann passou a discutir se esse experimento “provava” que as mutilações não eram herdadas, concluindo que:

Certamente não, se tomado isoladamente. Se essas conclusões fossem tiradas somente a partir desses experimentos sem levar em conta outros fatos, poder-se-ia considerar que o número de gerações foi muito pequeno. Poderia ser alegado que provavelmente o efeito de mutilações somente apareceria após um maior número de gerações. Poderia não aparecer na quinta geração, mas talvez na sexta, décima, vigésima ou centésima geração (Weismann, [1883] 1889, p. 433).

Com relação à última objeção, Weismann procurou uma explicação com base em sua teoria da continuidade do plasma germinativo:

Nós não podemos dizer muito contra esta objeção, pois esses são os verdadeiros fenômenos da variação que devem depender de uma mudança gradual e inicialmente imperceptível no plasma germinativo, uma mudança que não é visível nos descendentes no período de algumas gerações [...] (Weismann, [1883] 1889, p. 488).

É importante enfatizar que o experimento de Weismann com camundongos brancos dizia respeito apenas a um dos tipos de transmissão de caracteres adquiridos mencionados por Darwin: a herança de mutilações. Nesse sentido, concordamos com Shapiro e Sober (2007, p. 235) de que o experimento de Weismann trouxe evidências de que a mutilação das caudas nos progenitores de camundongos (brancos) não foi transmitida aos seus descendentes. Entretanto, Weismann não mostrou que não existe herança de mutilações, mas apenas corroborou sua inexistência naquele caso específico. Por outro lado, apesar de haver convencido boa parte da comunidade científica da época como, por exemplo, Alfred Russel Wallace (1890, p. 440), Weismann também não “provou” que a herança de caracteres adquiridos aplicada a outros casos não existe.

Vale a pena comentar que alguns anos mais tarde ao se referir às contribuições de Weismann à negação da transmissão de características adquiridas, Wallace não mencionou o experimento com camundongos brancos. Ele assim se expressou:

Certas observações embriológicas referentes aos animais inferiores são tidas como trazendo provas diretas desta teoria da hereditariedade, mas elas são muito técnicas para serem esclarecedoras para os leitores ordinários. A consequência lógica da teoria é a impossibilidade da transmissão de caracteres adquiridos uma vez que a estrutura molecular do plasma germinativo já está determinada no embrião. Weismann sustenta que não existem fatos que provem que os caracteres adquiridos possam ser herdados, embora sua herança tenha sido considerada para muitos autores tão provável a ponto de não necessitar de provas diretas (Wallace, 1890, p. 440).

Wallace, de modo análogo a Weismann considerava que a maior parte dos casos atribuídos à herança de caracteres adquiridos podia ser explicada pela seleção natural.

Considerações finais

Este estudo levou à conclusão de que apenas as evidências experimentais obtidas por Weismann nos cruzamentos com camundongos brancos ou mesmo seus estudos citológicos com medusas não são suficientes para explicar sua rejeição à transmissão de caracteres adquiridos. Por outro lado, ele não repetiu e nem mostrou as possíveis falhas que comprometessem os resultados dos experimentos de Brown-Séguard com relação à transmissão da epilepsia na década de 1880 e nem mais tarde, na década 1890. Assim, consideramos que a mudança de atitude de Weismann em relação à transmissão de características adquiridas não pode ser explicada pela obtenção de evidências empíricas.

Concordamos com a interpretação presente em Martins, R., 2008 de que a negação da transmissão de caracteres adquiridos por parte de Weismann se deveu principalmente à adoção de pressupostos teóricos, mais especificamente, sua teoria sobre a herança (Weismann, 1889; Weismann, 1893; Robison, 1970). Podemos acrescentar que Weismann exagerava o papel da seleção natural no processo evolutivo. Por meio do que chamou anos mais tarde de seleção germinal, ele procurou explicar casos que eram atribuídos à transmissão de caracteres adquiridos.

Por outro lado, o fato de Weismann ter questionado esta concepção somente após a morte de Darwin pode ser explicado pelo respeito à autoridade do mesmo. A herança de caracteres adquiridos é parte integrante da teoria de Darwin. Embora considerasse a seleção natural como o principal meio de transformação das espécies, Darwin admitia outros meios de modificação das espécies como a herança de caracteres adquiridos. Apesar de saber que Darwin aceitou a hipótese da pangênese até o fim de sua vida, Weismann utilizou recursos de retórica ao enfatizar seu caráter provisório. Provavelmente sua intenção foi amenizar a discordância com o antigo líder dos estudos sobre evolução. Nesse sentido, admitiu ter estado durante muito tempo “sob a influência de Darwin e que apenas ao focar o assunto em uma direção completamente diferente foi levado no decorrer de suas últimas investigações a duvidar da transmissão dos caracteres adquiridos quando ficou mais fortemente convencido de que esta transmissão não existia realmente” (Weismann, [1883] 1889, p. 422).

Como vimos neste artigo, não foram propriamente os resultados das “últimas investigações” de Weismann que o levaram a negar a herança de caracteres adquiridos.

Notas

1. Por exemplo, Erasmus Darwin (1731-1802), o avô de Charles Darwin (Darwin, Erasmus, 1794, vol. 2, p. 504) e o próprio Darwin (Darwin, [1883], 1998, p. 367).
2. O ano de 1889 foi o ano da publicação da obra *Essays upon heredity and kindred biological problems* de autoria de August Weismann. Esta obra reúne uma série de conferências ministradas pelo autor em

diferentes anos. A tradução para a língua inglesa, revista por Weismann, foi feita por Edward Poulton, Selmar Schönland e Arthur E. Shipley. No presente artigo iremos mencionar o ano em que a conferência foi proferida entre colchetes [1883] e depois o ano da publicação da obra (1889).

3. Herbert Spencer atribuía bastante importância à herança de caracteres adquiridos no processo evolutivo. A seu ver, vários casos que não eram explicados pela seleção natural poderiam sê-lo pela herança de caracteres adquiridos.

4. Romanes considerava que a herança e caracteres adquiridos desempenhava um papel relevante no processo evolutivo e na teoria de Darwin. Em 1890 ele se dedicou a duas linhas de investigação: obter uma base empírica para a sua teoria da seleção fisiológica e obter a confirmação da herança de caracteres adquiridos (Martins, R., 2006, p. 239).

5. Embora Darwin se referisse à pangênese como sendo uma hipótese provisória, empenhou esforços para corroborá-la e a aceitou até o fim de sua vida.

6. Nessa ocasião ele ofereceu uma explicação diferente relacionando este tipo de herança a mudanças nas células germinativas dos descendentes.

7. A primeira edição desta obra é datada de 1868. Estamos utilizando a segunda edição revisada publicada em 1883.

8. Em seus estudos citológicos, especialmente em Hydrozoa, Weismann percebera que as futuras células germinativas eram segregadas nos estágios larvares iniciais, após poucas divisões celulares até que o processo reprodutivo se iniciasse. Desse modo, considerou que não seria possível que influências nas demais células do organismo pudessem ser transmitidas aos núcleos das células germinativas que tivessem segregado. Haveria uma continuidade do plasma germinativo porque as linhagens das células que constituíam o corpo (soma) eram separadas das linhagens das células germinativas (germe) desde o início. Consequentemente nada que ocorresse no soma poderia ser comunicado às células germinativas ou a seu núcleo (Mayr, 1982, p. 700; Weismann, [1883] 1889, p. 79).

9. Weismann explicou que o período de gestação desses animais era de 22 a 24 dias.

Bibliografia

BROWN-SÉQUARD, C. E. (1859). De la transmission par hérédité chez les mammifères, et particulièrement chez les cochons d'Inde, d'une affection épileptiforme, produite chez les parents par des lésions traumatiques de la moelle épinière. *Comptes Rendus des Séances et Mémoires de la Société de Biologie*, 1 (3): 194-195.

BOWLER, P. (1989). *Evolution. The history of an idea*. Revised edition. Berkeley: University of California Press.

CHURCHILL, F. B. (1978). The Weismann-Spencer controversy over the inheritance of acquired characters. *Proceedings of the 15th International Congress of the History of Science* (pp. 451-468).

DARWIN, C. (1883) *The variation of animals and plants under domestication*. 2nd. ed. New York: D. Appleton, 1883. 2 vols. Reprinted: Baltimore: The Johns Hopkins University, 1998.

DARWIN, E. (1794). *Zoonomia*. London: Johnsons.

- GAUTHIER, P. (1990). Does Weismann's experiment constitute a refutation of the Lamarckian hypothesis? *Bios*, 61 (1): 6-8.
- MARTINS, L. A.-C. P. (2000). Alguns aspectos da teoria de evolução de August Weismann. Em J. L. Goldfarb; M. H. Ferraz (Eds.) *Anais. VII Seminário de História da Ciência e da Tecnologia* (pp. 279-283). São Paulo: EDUSP/Editora UNESP.
- MARTINS, L. A.-C. P. (2004). Herbert Spencer e o neolamarckismo: um estudo de caso. Em R. A. Martins,.; L. A.- C., P. Martins; C. C Silva; J. M. H. Ferreira (Eds.). *Filosofia e história da ciência no Cone Sul: 3º Encontro* (pp. 281-289). Campinas: AFHIC.
- MARTINS, L. A.-C. P. (2015). A herança de caracteres adquiridos nas teorias “evolutivas” do século XIX, duas possibilidades: Lamarck e Darwin. *Filosofia e História da Biologia*, 10 (1): 67-84.
- MARTINS, R. A.(2008). Os experimentos de Brown Sequard e a herança de caracteres adquiridos por acidente, na segunda metade do século XIX. *Filosofia e História da Biologia*, 3: 347-376.
- . El empleo de retórica en la controversia entre Weismann y Spencer acerca de la selección natural y el efecto de uso y desuso. (2010). Em R. A. Martins.; L. Leuowicz, J. M. H. Ferreira; C. C. Silva, L. A. C., P.; Martins, (eds.). *Filosofia e história da ciência no Cone Sul: 6º Encontro* (pp. 533- 539). Campinas: AFHIC.
- MAYR, E. (1982) *The growth of biological thought: diversity, evolution, and inheritance*. Cambridge MA: Harvard University Press.
- ROBINSON, G. (1970). Weismann, August Friedrich Leopold. Em Charles Coulston Gilliespie (Ed.). *Dictionary of Scientific Biography*. Vol. 14 (pp. 232-239). New York: Charles Scribner's Sons.
- SHAPIRO, L.; SOBER, E. (2007). Epiphenomenalism: The dos and the don'ts. Em P. Machamer, P; G. Wolters (Eds). *Thinking about causes: From Greek philosophy to modern physics* (pp. 235-264). Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- WALLACE, A. R. (1890). *Darwinism. An exposition of the theory of natural selection with some of its applications*. 2nd edition. London: MacMillan.
- WEISMANN, A. (1893) *The germ-plasm: a theory of heredity*. Transl. W. N. Parker; H. Rönfeldt. New York: Charles Scribner's Sons.
- WEISMANN, A. (1889). *Essays upon heredity and kindred biological problems*. Transl. E. Poulton; S. Schonland; A. E. Shipley. Oxford: Clarendon Press.
- ZIRKLE, C. (1946). The early history of the ideas of the inheritance of acquired characters and pangenesis. *Transactions of the American Philosophical Society* [series 2], 35: 91-115.

Una lectura sobre interacciones entre modelos y algoritmos en el emerger de la química computacional

Silvia Polzella^{*}, *Penelope Lodeyro*[†]

Introducción

Para mediados del siglo veinte ya estaban dados los principales apuntes de la química teórica. En 1911, el descubrimiento de Ernest Rutherford del núcleo consumó la identificación de las subpartículas constituyentes del átomo. Poco tiempo después, Niels Bohr (1913) ofreció un tratamiento para las órbitas electrónicas. En 1913, se explicitó la relación entre la carga positiva del núcleo, el número atómico y la posición de un átomo en la tabla periódica. Para 1926, Werner Heisenberg desarrolló la mecánica matricial y Erwin Schrödinger formuló la ecuación de onda básica no relativista que daba cuenta del movimiento del núcleo y los electrones en las moléculas. Una generalización relativista fue propuesta poco tiempo después por Paul Dirac (1929). La ecuación de Schrödinger se resolvía fácilmente para el caso del hidrógeno y con las correcciones relativistas se ajustaba casi perfectamente a los datos espectroscópicos experimentales. Pero, para otros sistemas las soluciones exactas no podían calcularse. De allí la famosa frase de Dirac (1929): “Las leyes fundamentales necesarias para el tratamiento matemático de gran parte de la física y de la totalidad de la química son entonces completamente conocidas, y la dificultad se encuentra sólo en que la aplicación de estas leyes comporta ecuaciones que son demasiado complejas para ser resueltas.”

Dada la desesperanza de encontrar soluciones exactas, el desafío de la química teórica fue desarrollar procedimientos matemáticos aproximados que pudieran ayudar a la interpretación de los fenómenos químicos y que tuvieran suficiente capacidad predictiva. Los intentos de acercarse a este problema desde un enfoque modelístico son el objeto de este trabajo. El arribo de las computadoras y con ellas de las simulaciones computacionales marcó un hito fundamental y las cuestiones vinculadas a la implementación se vuelven ineludibles para abordar la temática. Nos centraremos en el trabajo de John Pople (1969, 1970, 1971, 1978, 1986), considerado uno de los pilares fundamentales del surgimiento de la química computacional. Pople realizó sucesivas contribuciones a los cálculos de orbitales moleculares que constituyeron la base del programa informático “GAUSSIAN” que permitió investigar las propiedades de las moléculas en los procesos químicos.

El trabajo de Pople posibilita ilustrar algunas de las interacciones entre modelos y algoritmos en la construcción de las simulaciones computacionales. En particular, la noción de eficiencia puede ser analizada en sus múltiples facetas. En un sentido general, se llama eficiencia a la mejora en el rendimiento de un sistema, es decir, mejorar el logro de los objetivos

* Universidad Nacional de Córdoba / FONCyT – SECyT

† Universidad Nacional de Córdoba / FONCyT – SECyT

maximizando el aprovechamiento de los recursos disponibles. Por su parte, la ciencia de la computación ha desarrollado todo un campo en torno a la medición de la eficiencia en relación a la complejidad de los algoritmos especificando un sentido técnico del término.¹ Nuestra caracterización no se restringe a este uso, propondremos un sentido ampliado siendo sensibles a las interacciones entre modelos y algoritmos para la resolución de problemas. Consideramos que la eficiencia aquí puede vincularse a la idea de un tipo de balance costo – beneficio, donde el desafío sería mantener los costos computacionales bajos (evitando los análisis exhaustivos o demasiado detallados) pero los beneficios, soluciones de calidad y buena adecuación empírica, suficientemente altos. Bajo esta caracterización, la eficiencia puede tomarse como un valor epistémico que marca el ritmo de la química computacional.

El trabajo de Pople

Para describir el estado de un sistema en química cuántica se postula la existencia de una función de las coordenadas de las partículas llamada función de onda o función de estado. La función de onda contiene toda la información que es posible obtener acerca del sistema. La limitación insoslayable (hasta el momento) de esta teoría para resolver las interacciones entre más de dos cuerpos hace que el átomo de hidrógeno sea el único cuya función de onda puede ser calculada analíticamente. Para ello, debe resolverse la fuerza de atracción entre el núcleo y el único electrón que presenta, pero para átomos con mayor número de electrones, deben resolverse las interacciones entre ellos y con respecto al núcleo. La función de onda de un átomo de N -electrones es una función de $4N$ variables (tres coordenadas espaciales y una coordenada del spin del electrón, por cada electrón). Puede notarse que la complejidad de la función de onda se incrementa de forma exponencial con el aumento del número de electrones.

La teoría de los orbitales provee soluciones aproximadas a la ecuación de Schrödinger. Un orbital, ya sea atómico o molecular, es una función matemática en el espacio tridimensional y refiere a la función de onda monoeléctronica en un átomo o molécula.² Al graficar el cuadrado de la función de onda se representa la densidad de probabilidad de encontrar a la partícula en cualquier lugar infinitesimal del volumen descripto.³ Existen dos enfoques alternativos para describir la molécula. El método del orbital atómico o de enlace de valencia (MA) y el método de orbital molecular (MO). El primero, considera a la molécula como un compuesto de átomos y describe la estructura molecular usando orbitales atómicos de esos átomos. En el caso del orbital molecular, éste se obtiene por una combinación lineal de orbitales atómicos (LCOA). A los fines de agilizar el cálculo se suele utilizar un conjunto de base mínimo de orbitales que se alcanza a partir de una función base, ya sea tipo Slater o tipo gaussiana. El número de orbitales atómicos usados para construir orbitales moleculares es igual al número de orbitales atómicos ocupados en los átomos a partir de los cuales se puede formar una molécula, o como máximo se incluye un orbital superior.⁴ Para los casos que requieran una mejor adecuación, puede emplearse un conjunto base extendido. Por otra parte, el método del orbital molecular (MO), en su forma más general, considera a cada molécula como una unidad autosuficiente, no como un compuesto de átomos.

La introducción de las computadoras en la segunda guerra mundial marcó un hito en la aplicación de estos desarrollos. La evaluación de integrales ha sido el principal obstáculo para el progreso de la química cuántica. Para el cálculo del orbital molecular, se empleaban orbitales tipo Slater (1929) mediante combinación lineal de orbitales atómicos. La construcción de la función de onda utilizaba una matriz o determinante de Slater, de cuyo término diagonal se obtenía la energía de la función de onda de un modo más apropiado.⁵ El determinante de Slater se usaba para generar funciones de ondas que describieran los estados colectivos de varios electrones que cumplían el principio de exclusión de Pauli. Habitualmente se usaba un único determinante de Slater como aproximación a la función de onda electrónica. En este método se podían evaluar analíticamente las integrales de dos centros, pero en el caso de tres o cuatro centros resultaba computacionalmente demasiado costoso. Este periodo se conoció según Pople (1998) como “la pesadilla de las integrales”. Hubo dos tipos de respuestas a la dificultad de las integrales que dividió las aguas de los desarrollos computacionales en dos comunidades: semi-empíricos y *ab initio*. Los primeros sortearon los obstáculos introduciendo aproximaciones y parametrizaciones empíricas con ajuste a los datos experimentales. Los segundos, realizaron modelos teórico-matemáticos tratando de mantener la pureza teórica.

El trabajo de Pople, se inscribe en esta última línea. Básicamente, consistió en reemplazar cada orbital tipo Slater por una combinación lineal de un número pequeño de orbitales tipo gaussianos y en elegir las constantes de tal manera que minimicen la integral, ya que las integrales de funciones gaussianas podían ser evaluadas analíticamente. El teorema del producto gaussiano garantizaba que el producto de dos orbitales tipo gaussianos, centrado en dos átomos distintos, era una suma finita de dos integrales centradas en el punto medio del eje que une los dos centros. Así, integrales de cuatro centros se reducían rápidamente a una integral con un centro. Como hemos mencionado, los orbitales tipo Slater también eran funciones usadas como orbitales atómicos para el cálculo de orbitales moleculares. Estos fueron reemplazados por una expansión gaussiana finita en todos los puntos del cálculo. El resultado se aproximaba al cálculo de orbitales tipo Slater cuando se incrementaba el tamaño del conjunto gaussiano aunque presentaba algunas dificultades. En el artículo de 1969, Pople subraya que la suma de tres funciones gaussianas fijas, $1s$, $2s$ $2p$; usada como conjunto base probó ser la más adecuada, por resultar muy económica y a la vez aplicable a moléculas orgánicas bastante grandes. Así, considerando la función gaussiana en coordenadas cartesianas y empleando este conjunto base, Pople pudo generar un algoritmo que mejoró la velocidad de cálculo en más de dos órdenes de magnitud respecto de los orbitales tipo Slater. El programa se difundió comercialmente como GAUSSIAN70.

La eficiencia como valor epistémico

El reemplazo de orbitales tipo Slater (STO) por una expansión de orbitales tipo Gaussianos (GTO) constituyó una conjetura acertada que mejoró el rendimiento del sistema para la resolución de problemas. La noción de “mejorar el rendimiento del sistema” alude a un aumento en la eficiencia. En ciencia computacional, este concepto se asocia a la complejidad computacional que estudia la eficiencia de los algoritmos estableciendo su efectividad de acuerdo al tiempo de corrida y al

espacio requerido en la computadora o almacenamiento de datos, ayudando a evaluar la viabilidad de la implementación práctica en tiempo y costo. Dicho de otro modo, eficiencia es una medida del uso de los recursos computacionales requeridos por la ejecución de un algoritmo en función del tamaño de las entradas. En nuestro caso, como herramienta de análisis epistemológico resulta fructífero tomar el concepto en sentido más amplio como un balance costo – beneficio en el que el esfuerzo está dirigido a mantener los costos computacionales bajos y los beneficios suficientemente altos. Los beneficios serían un aumento en la calidad de las soluciones, en el grado de adecuación empírica o en la tratabilidad de sistemas más complejos. Para bajar los costos computacionales pueden evitarse los análisis exhaustivos o demasiado detallados o construirse nuevos algoritmos que permitan aprovechar mejor los recursos disponibles. Este sentido concuerda con algunos tratamientos filosóficos donde es habitual considerar la eficiencia vinculada a la resolución de problemas (Simon, 1969; Slagle, 1971).

Consideramos que la eficiencia como mejora del rendimiento del sistema puede dar lugar a distintos balances fruto de la combinación ponderada de los elementos en juego que dependerá de los objetivos de cada búsqueda en particular. En el caso de las simulaciones computacionales pueden constituir desde métodos *ab initio*, hasta semi-empíricos de acuerdo a los recursos computacionales disponibles y al grado de fiabilidad que se esté dispuesto a asumir en las soluciones. La eficiencia puede cumplir un requerimiento de mínima, como cuando se utilizan heurísticas para compensar los bajos recursos de cálculo para el problema abordado asumiendo una ligera pérdida en la calidad de las soluciones o en el número de problemas solucionables mediante ese método; o a la inversa, uno de máxima: si por algún medio podemos mejorar la utilización de los recursos disponibles mediante la elaboración de un nuevo algoritmo que redunde en un dramático incremento de problemas solucionables, o en un aumento en la calidad de las soluciones. El caso de Pople se encuadra en este último sentido, cubriendo ambos aspectos.

En primer lugar, puede tomarse como indicador de la calidad de la solución el hecho de que el método desarrollado por Pople sea *ab initio*. En el contexto de las simulaciones computacionales, en física y en química, se distingue entre métodos *ab initio* y métodos semi-empíricos⁶. Los primeros han sido caracterizados como cálculos que parten de primeros principios o están basados en ecuaciones fundamentales de la física o la química. Los mismos parten de primeros principios dando resultados en términos de constantes físicas universales, como la constante de Planck, la velocidad de la luz, y la carga electrónica, que si bien han sido medidas, son parámetros físicos universales. En química estos casos han sido llevados a cabo por medio de la función de onda del sistema estudiado. En este sentido, se considera que operan sobre una base puramente teórica. En cambio, los métodos semi-empíricos deben su nombre al hecho de que incorporan en sus cálculos parámetros empíricos. Es decir, los valores de algunos parámetros de las ecuaciones son fijados por valores establecidos experimentalmente⁷ (aunque en principio pueden ser determinados teóricamente, en la práctica no, debido a la intratabilidad matemática o computacional).

En relación a estas caracterizaciones, suele considerarse que los métodos *ab initio* son más

fiables en virtud de su rigor teórico (Ramsey 1997). Además, al ser tributarios de una teoría, mantienen un grado de generalidad que los hace aplicables a un espectro de casos más amplios. Pople procuró una aproximación matemática suficientemente precisa respecto a la solución analítica de la ecuación de onda de Schrödinger. El poder predictivo de esta ecuación en relación a los resultados experimentales espectroscópicos de la molécula de hidrógeno hizo de ella una teoría ampliamente aceptada en la comunidad de químicos. El método de Pople heredó la confiabilidad de esta teoría y, en este sentido, hablamos de soluciones de mejor calidad.

En segundo lugar, consideramos que el trabajo de Pople aumentó la eficiencia en tanto permitió mejorar la utilización de los recursos teóricos-matemáticos y computacionales disponibles, incrementando drásticamente los problemas solucionables. Como hemos visto, los esfuerzos de Pople apuntaron a desarrollar una aproximación que permitiera tratar sistemas más grandes e interesantes para la química y, a la vez, reducir el costo computacional sin la necesidad de introducir parámetros empíricos. Su trabajo de 1969 fue fundacional ya que impulsó la génesis y el desarrollo computacional de la química cuántica. La computadora utilizada para correr el algoritmo de Pople fue la CDC (*control data corporations*) 1604A (48-bit words) que podía ejecutar hasta 100.000 operaciones por segundo⁸. Hasta entonces, con los orbitales tipo Slater, permitía tratar moléculas diatómicas homonucleares como el del hidrógeno o el helio y heteronucleares como el cloruro de sodio. El caso de la molécula de agua que presenta tres átomos constituía un caso límite. GAUSSIAN70 aceleró el tiempo de corrida en 2 órdenes de magnitud y dejó sentada las bases para tratar con los recursos computacionales de la época hasta 50 electrones con cálculos *ab initio* y dentro de un error admisible de 1Kcal/mol. Así, pudieron comenzar a tratarse moléculas orgánicas como la del benceno que cuenta de seis átomos de carbono y seis átomos de hidrógeno. Las investigaciones de Pople no quedaron allí, sino que sobre esta aproximación elaboró una serie de algoritmos mejorados.

Por último, deseamos enfatizar un aspecto vinculado a ambas caras de la lectura de la eficiencia que venimos desarrollando. La calidad de las soluciones y el drástico incremento en la capacidad de resolver problemas más complejos se traduce en un mayor poder predictivo asociado al alto grado de adecuación empírica. Hoy, a casi cincuenta años de su nacimiento, GAUSSIAN puede ser utilizado para el estudio de moléculas y reacciones calculando sus propiedades bajo un amplio rango de condiciones, incluyendo tanto especies estables como compuestos que son casi imposibles de analizar experimentalmente, como por ejemplo, los intermedios de vida corta y las estructuras de transición.

Consideramos que la noción de eficiencia que hemos caracterizado no se limita al trabajo de Pople sino que puede tomarse como un valor epistémico que determina la dinámica del desarrollo de la química cuántica computacional. Esta conceptualización ampliada de eficiencia permite considerar la interacción entre modelos y algoritmos en relación a los recursos computacionales máquina que posibilita correr la frontera de exploración en las investigaciones de los sistemas moleculares complejos.

Consideraciones finales

El surgimiento de la química computacional puede leerse desde los esfuerzos por desarrollar modelos que posibiliten obtener información acerca de sistemas moleculares. Dado el impedimento de obtener soluciones analíticas de la interacción para sistemas de más de dos cuerpos, el imperativo fue desarrollar procedimientos matemáticos de simulación *aproximados pero bien definidos*. El advenimiento de la computación exigía asimismo que los métodos formulados pudieran implementarse con costos y tiempos razonables. En ese sentido, el trabajo de Pople se considera fundante de esta disciplina en tanto impulsó su génesis y desarrollo. Asimismo, su *ansatz* dio pie a la elaboración de una serie de programas que con los recursos computacionales del momento posibilitaría simular sistemas cada vez más complejos. La clave de su trabajo consistió en encontrar un nuevo modo de calcular los orbitales moleculares, sustituyendo el cálculo de orbitales tipo Slater por el cálculo de una expansión de orbitales tipo gaussianos, un conjunto base fijo de tres orbitales. Este nuevo algoritmo le permitió mejorar la eficiencia en relación a los recursos-máquina disponibles derivando en un drástico incremento de los problemas solucionables y con soluciones de calidad. Es decir, utilizando métodos *ab initio* logró un modelo con un alto grado de adecuación empírica y un gran poder predictivo. Esta caracterización de eficiencia “ampliada” que hemos desarrollado se ha mostrado de gran valor epistemológico para el análisis del caso y consideramos que puede decirse que la búsqueda de la eficiencia en este sentido determina la dinámica del desarrollo de la química cuántica computacional.

Notas

1. La eficiencia algorítmica es una medida del tiempo promedio de ejecución necesario para que un algoritmo complete el trabajo sobre un conjunto de datos (Daintith, 2004).
2. Se considera que un orbital atómico (OA) es una solución característica de una ecuación de onda de Schrödinger mono-electrónica, la que se basa en la atracción de los electrones por el núcleo, más la consideración de la repulsión promedio de todos los otros electrones (el llamado campo auto consistente SCF –Hartree). Se calcula el orbital para cada electrón asumiendo que todos los otros electrones ocupan orbitales apropiados. Para orbitales moleculares, se calcula la atracción de dos o más núcleos y el electrón, más el promedio de la repulsión de los otros electrones (correlación electrónica).
3. Se consideran 4 tipos de orbitales de acuerdo a su forma s, p, d y f. Los s y los p son los más característicos de la química orgánica y biológica. Los nodos son regiones de densidad electrónica 0. El $C=1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$.
4. Los orbitales moleculares se construyen habitualmente por combinación lineal de orbitales atómicos centrados en cada átomo de la molécula. Para el cálculo de la estructura electrónica de forma cuantitativa se utiliza, entre otros, el método de Hartree-Fock.
5. El determinante de Slater es una expresión matemática que describe la función de onda de un conjunto de electrones a través del uso de matrices.
6. La disputa entre métodos *ab initio* y semi-empírico tiene un rostro clásico y las discusiones continúan

planteándose en general en torno a los mismos puntos (Ramsey 1997).

7. El reemplazo de los valores puede ser generado por renormalización (von Weizsacker 1948, Heisenberg 1948), por estimación a partir de otra información, o tomándolos directamente de un experimento

8. En la actualidad, una supercomputadora como Jaguar puede realizar hasta 2,3 cuatrillones de cálculos por segundo y posee 225000 núcleos procesadores. En tanto que la supercomputadora Titan es casi 10 veces más poderosa. Por ello, lo que a Jaguar le tomaba 60 horas a Titan le toma 13 horas.

Bibliografía

BOHR N. (1913). On The Constitution of Atoms and Molecules. *Philosophical Magazine*, 6 (26), 1-25. <http://dbhs.wvusd.k12.ca.us/Chem-History/Bohr/Bohr-1913a.html>

BORN, M.; HEISENBERG, W.; JORDAN, P. (1926). Zur Quantenmechanik. II. *Zeitschrift für Physik A Hadrons and Nuclei*, vol. 35 (8-9), 557-615. En: Van Der Waerden B. L. *Sources of Quantum Mechanics*, 321-386. 1967.

DAINTITH, J. (ED.) (2004). *A Dictionary of Computing*. Oxford University Press.

DIRAC, P. (1929). Quantum Mechanics of Many-Electron Systems. *Proceedings of the Royal Society of London A*, (123), 714-733.

DITCHFIELD, R., HEHRE, W. J. Y POPLE J. A. (1971). Self-Consistent Molecular Orbital Methods. IX. An Extended Gaussian Type Basis for Molecular Orbital Studies of Organic Molecules. *J. Chem. Phys.*, 54, 724.

HEHRE W. J., RADOM, L., SCHLEYER, P. R. Y POPLE, J.A. (1986). *Ab Initio Molecular Orbital Theory*. Wiley & Sons, New York.

HEHRE, W. J., STEWART, R. F. Y POPLE J. A. (1969). Self-Consistent Molecular Orbital Methods. I. Use of Gaussian Expansions of Slater Type Atomic Orbitals. *Chem. Phys.*, 51, 2657.

NEWTON, M. D., LATHAN, W. A., WARREN, J., HEHRE, W. J. Y POPLE J. A. (1970). Self-Consistent Molecular Orbital Methods. V. Ab Initio Calculation of Equilibrium Geometries and Quadratic Force Constants. *J. Chem. Phys.*, 52, 4064.

POPLE J. A. Y HEHRE, W. J. (1978). Computation of Electron Repulsion integrals Involving Contracted Gaussian Basis Functions. *Journal of Computational Physics*, 27, 161 – 168.

POPLE, J. A. (1998). Quantum Chemical Models. *Nobel Lectures, Chemistry 1996 – 2000*. World Scientific Publishing Co. Singapur: 2003.

RAMSEY, J. (1997). Between the Fundamentals and the Phenomenological: The Challenge of the ‘Semi-Empirical’ Methods. *Philosophy of Science*, vol. 64 (4), 627-653.

RUTHEFORD, E. (1911). The scattering of alpha and beta particles by matter and the atom. *Philosophical Magazine*, vol. 21, 669-688.

SIMON, H. (1969). *The Science of the Artificial*. 3ª Edic. London: The MIT Press, 1996.

SLAGLE, J. R. (1971). *Artificial intelligence: The heuristic programming approach*. New York: McGraw-Hill, Inc.

SLATER, J. C. (1929). The Theory of Complex Spectra. *Physical Review Second Series*, vol. 34 (10), 1293-1322.

- SCHRÖDINGER, E. (1926). On the Relation between the Quantum Mechanics of Heisenberg, Born, and Jordan, and of Schrödinger. En: *E. Schrödinger Collected Papers on Wave Mechanics* (pp. 45-61). Chelsea Publication. Traducido del original, Über das Verhältnis der Heisenberg-Born-Jordanschen Quantenmechanik zu der Meinen. *Annalen der Physik*, 4 (79), 734-756.
- VON WEIZSÄCKER, C. F. (1949). *The History of Nature*. University of Chicago Press. Traducido del original: *Die Geschichte der Natur: zwölf Vorlesungen*. Zürich: Hirzel Verlag, 1948.

T-teoricidad en el contenido aplicativo: una lectura estructuralista a Kuhn para responder a una crítica realista de Boyd

*Jorge Prado Carvajal**

I

En la época de los sesenta, a causa de diversos problemas que suscitaba la concepción de la ciencia como un lenguaje, surge lo que se llama en Filosofía de la ciencia la revuelta historicista. Básicamente, podemos decir que en esta postura el fundamento de la Filosofía de la ciencia ya no pasa por lo que se entiende por método (entendido como un conjunto de procedimientos formales para acceder al conocimiento), sino más bien por lo que se entiende por la práctica real de las comunidades científicas, reformulándose el primer problema en los términos del segundo. Dado este cambio, dentro de los problemas que volvieron a replantearse, está el del realismo. Esto porque, si las teorías están enmarcadas en un contexto histórico, es difícil saber si describen una realidad independiente o no.

Es en este contexto en el que surgen las críticas realistas a Kuhn, el autor más influyente de este giro historicista. Una de las críticas esgrimidas es la que presenta Richard Boyd en su artículo “on the current status of scientific realism”, que consiste básicamente en plantear la idea de que, si el paradigma es lo que constituye socialmente al mundo, entonces no se puede entender cómo es que hay anomalías (que, a veces, llevan a revoluciones científicas) que exceden al paradigma. Por lo mismo, dichas anomalías darían cuenta de un mundo independiente, pues las anomalías se definen como fenómenos que son inabordables por el paradigma.

Dado que esta crítica no apunta a mostrar la fortaleza de la postura realista, sino a mostrar la debilidad de las ideas de Kuhn, se vuelve necesario aclarar estas últimas para ver si realmente hay una inconsistencia en ellas. Es por eso que en este trabajo el propósito central es dilucidar la teoría de Kuhn, para ver si su postura presenta problemas. Para tal propósito, realizaré una lectura de Kuhn desde el estructuralismo, pues considero que los elementos formales que tiene esta postura permiten aclarar elementos de lo que es una estructura científica sin por ello forzar la postura de Kuhn

Entonces, habiendo ya planteado la crítica de Boyd, lo que se buscará en este trabajo es presentar la teoría de Kuhn y la del estructuralismo, para posteriormente mostrar las similitudes en ambas teorías, y por último sostener que, si la interpretación estructuralista de las teorías de Kuhn es correcta, entonces la crítica que realiza Boyd no muestra que la teoría de los paradigmas muestre alguna inconsistencia, ya que se puede entender desde este mismo enfoque historicista cómo es que pueden haber anomalías. De esta manera, es suficiente con tener en cuenta la exposición breve que se realizó en párrafos anteriores sobre la crítica realista de Boyd acerca

* Universidad de Chile

de las anomalías, por lo que, en lo que sigue, no me detendré en analizar dicha crítica desde sí misma, sino que me centraré en la interpretación estructuralista de Kuhn, para así mostrar que dicha crítica no debilita la postura de este autor.

II

Uno de los conceptos centrales en la teoría de Kuhn es el de matriz disciplinaria. Básicamente, Kuhn (1993) define a la matriz disciplinaria como el conjunto de compromisos compartidos por una comunidad científica, teniendo como elementos centrales, los valores, modelos, ejemplares, generalizaciones simbólicas, entre otros. Me enfocaré principalmente en los conceptos de generalizaciones simbólicas y ejemplares.

(i) Las generalizaciones simbólicas son el componente formal de la matriz disciplinaria, y por lo general se han entendido como las leyes de la teoría. Es importante señalar que este componente no está cargado de contenido empírico, por lo que los científicos, al compartir generalizaciones simbólicas, están compartiendo un elemento no interpretado. Kuhn (1993) señala que el contenido empírico no ingresa sólo desde abajo (vocabularios básicos con contenido empírico) hacia arriba (términos teóricos) sino que también desde arriba hacia abajo. En el último caso se habla de que la comunidad científica en la ciencia normal lo que hace para cargar empíricamente a las generalizaciones simbólicas es articularlas en niveles más específicos. En el primero se trata de los ejemplares, el componente al que más propiamente se le debe llamar paradigma, según Kuhn, y al cual originalmente se debió el nombre. Este componente es el otro elemento que vamos a dilucidar.

(ii) Los ejemplares consisten en ser soluciones a problemas concretos ya resueltos por la comunidad científica, y que sirven como casos paradigmáticos para resolver nuevos problemas concretos en la investigación ordinaria. Entonces, mediante ellos, la comunidad científica puede encontrar similitudes entre los problemas nuevos y los ya resueltos, y así poder aplicar el formalismo que sirvió entonces para los nuevos desafíos en la ciencia normal. Todo lo anterior implica que el rol que antes se le atribuían a las reglas de correspondencia, ahora se le atribuye a los ejemplares.

De estas dos maneras es que la comunidad científica intenta ampliar el rango empírico de la matriz disciplinaria, mediante los ejemplares y las leyes del aparato formal o generalizaciones simbólicas. Revisemos ahora lo que sostiene el estructuralismo.

III

Según Díez (2003), el estructuralismo es una corriente que pertenece a la familia semanticista, que consiste en entender a las teorías no como un conjunto de enunciados sino como un conjunto de modelos. Los modelos son estructuras caracterizadas por leyes o principios de una teoría. Por lo tanto, para poder entender lo que es una teoría, debemos tener en cuenta el conjunto de modelos regidos por dichas constricciones de la teoría. Los elementos básicos que constituyen a una teoría son los siguientes:

Núcleo formal (K): es la parte teórica de la teoría (T) que permite conceptualizar el

dominio, las leyes y las relaciones que rigen a los modelos. Dicho núcleo se constituye por los siguientes elementos: modelos potenciales (Mp), modelos potenciales parciales (Mpp), modelos actuales (M) y condiciones de ligadura, pero para lo que se quiere argumentar aquí, es necesario hablar sólo de los modelos. Los modelos potenciales son aquellos que satisfacen sólo los axiomas impropios de la teoría, que son las restricciones de tipo lógico-matemática, es decir, son aquellos dominios sobre los cuales tiene sentido preguntarse si las leyes de la teoría se aplican o no. Ahora bien, hay que explicitar que, desde luego, no en todos los modelos potenciales se aplican las leyes de la teoría. En los modelos en los que sí se aplican las leyes de la teoría, son los llamados modelos actuales, es decir, satisfacen no sólo los axiomas impropios, sino también los propios.

Antes de definir lo que son los modelos potenciales parciales, debemos tener en cuenta la idea de T-teoricidad que sostiene el estructuralismo. Esta idea consiste básicamente en que la distinción teórico/observacional de los términos que la tradición de la filosofía de la ciencia sostenía es inapropiada, puesto que en realidad en dicha distinción se mezclan otras 2 distinciones, la de lo observable/inobservable, y la de los conceptos teóricos/no teóricos. Es la segunda la que es relevante para entender la estructura de las teorías científicas. Ningún concepto o entidad es teórico en sí, sino sólo en relación a una teoría. Un concepto puede ser teórico respecto a una teoría, pero no respecto a otra. Ahora, ¿qué quiere decir con que un concepto sea T-teórico? Un concepto es T-teórico cuando presupone la validez de las leyes de la teoría T. Teniendo todo esto en cuenta, podemos entender que un modelo parcial es un modelo potencial sin los conceptos T-teóricos.

Aplicaciones propuestas (I): Teniendo ya uno de los elementos de la teoría (el núcleo central K), tenemos que pasar al otro componente de las teorías, las aplicaciones propuestas. Una de las críticas que se le hacía a la idea de que una teoría está caracterizada sólo por sus modelos es que no tendría contenido veritativo (Díez y Moulines, 1997), por lo que se necesita también agregar a las teorías el elemento que permitiría saber si las teorías son verdaderas o falsas, y este elemento es el de las aplicaciones propuestas, que consisten en cualquier sistema empírico o conjunto de modelos pretendidos para satisfacer los axiomas del núcleo formal. Estos sistemas empíricos se describen mediante conceptos T-no teóricos. Guerrero (2011) cita a Balzer, Moulines y Sneed (1987, p.86) quienes plantean esto diciendo que los “datos” están cargados de teoría, pero no de la que quiere dar cuenta de tales sistemas empíricos, sino que de teorías precedentes. Por lo mismo, las aplicaciones pretendidas, en su totalidad, son un subconjunto de los modelos parciales. Es importante señalar que dichas aplicaciones se establecen de acuerdo a lo que la comunidad científica define como relevante constreñir con el núcleo formal. Lo interesante es que se sostiene además que estos sistemas empíricos no agotan todos los sistemas posibles, sino que se usan como casos paradigmáticos que sirven para definir otras aplicaciones posibles (Díez y Moulines, 1997).

Teniendo estos elementos en cuenta, tenemos que caracterizar ahora lo que en el estructuralismo se llama contenido teórico y contenido empírico, para así poder llegar a la idea

de aserción empírica, noción que nos permitiría poder dilucidar de mejor manera la crítica realista a la teoría de Kuhn.

Para comprender lo que es el contenido teórico, hay que considerar que las aplicaciones de la teoría no satisfacen las condiciones de las leyes o de las ligaduras de manera aislada, sino que en su conjunto. Por lo tanto, el contenido teórico es el efecto constrictivo de la conjunción entre las leyes y las condiciones de ligadura. Por otro lado, el contenido empírico consiste en las consecuencias contrastables de la teoría, por lo que es el efecto a nivel T-no teórico de las condiciones restrictivas del núcleo formal de T, recogiendo, entonces, los modelos parciales susceptibles de ser ampliados por los componentes T-teóricos de la teoría.

Así, podemos caracterizar a la aserción empírica como la satisfacción de leyes y restricciones de la teoría por parte de un sistema empírico descrito T-no teóricamente, de tal manera que las aplicaciones propuestas (I) pertenezcan al contenido empírico. Es decir, se trata de ver si las aplicaciones propuestas se comportan como si hubiesen en tales sistemas empíricos conceptos y funciones T-teóricas.

IV

Habiendo visto todo lo anterior, podemos darnos cuenta de que las similitudes que hay entre los componentes de la matriz disciplinar (las generalizaciones simbólicas y los ejemplares) en la teoría de Kuhn, y los componentes de las teorías (núcleo formal y aplicaciones propuestas) en la teoría estructuralista, son muchas. Ya los mismos exponentes del estructuralismo consideran a la filosofía historicista de la ciencia (en particular Kuhn y Lakatos) como una suerte de antecedente de sus teorías. A su vez, Kuhn (2002) consideraba que el formalismo del estructuralismo permitía dilucidar ciertos puntos oscuros de sus propias ideas.

Dicho de manera general, ambas posturas coinciden en el carácter sincrónico de las teorías, es decir, en la consideración desde un punto de vista estático de lo que son las teorías científicas, que consisten en un aspecto meramente formal (las generalizaciones simbólicas y los núcleos formales, que coinciden) y en un aspecto aplicativo (los ejemplares, por un lado, y las aplicaciones propuestas, por el otro). En ambos casos es el elemento aplicativo el que carga de contenido empírico al elemento formal. En ambas posturas se consideran como paradigmáticos ciertos componentes de cada elemento que conforma a las teorías científicas, tanto en las generalizaciones simbólicas/núcleo formal (las leyes que sirven como punto de partida para las posteriores leyes especificadas que presuponen a las primeras) como en los ejemplares/aplicaciones propuestas. Esto porque en realidad cuando se habla de aplicaciones propuestas, se señalan algunas paradigmáticas, que sirven como modelo para reconocer sistemas empíricos como posibles aplicaciones. Esto ocurre porque no se pueden encontrar todas las condiciones suficientes y necesarias para pertenecer al dominio de las aplicaciones propuestas. Pero también una de las características que también comparten el historicismo de Kuhn y el estructuralismo es que la parte formal de la teoría, se va articulando en niveles cada vez más específicos, de acuerdo al problema empírico en concreto con el cual se está tratando. Así, tenemos que la

conexión entre los hechos y las teorías tanto en Kuhn como en el estructuralismo pasa por el proceso de conexión entre el contenido aplicativo con el contenido formal.

V

Con todos los elementos anteriores, teniendo claro en qué consiste, al menos para lo que se quiere exponer aquí, una matriz disciplinaria en Kuhn, en qué consiste la teoría del estructuralismo, cuáles son las similitudes que comparten y, por lo mismo, la relativa pertinencia que puede tener una lectura estructuralista de las teorías de Kuhn, es que podemos empezar a abordar la crítica realista de Boyd (1997) que sostiene que el hecho de que existan anomalías que a veces llevan a revoluciones científicas es una garantía de la independencia del mundo exterior, puesto que la anomalía misma se define como un fenómeno que no puede ser caracterizable por el paradigma en cuestión.

Pero antes de precisar lo que esta crítica sostiene, tenemos que aclarar un poco el trabajo efectivo que se hace en la ciencia normal, pues es a partir de dicha investigación ordinaria desde donde podemos entender cómo pueden surgir anomalías.

Kuhn (2006) sostiene que el trabajo en la ciencia normal consiste en un trabajo de retoque, que consiste en articular y precisar de manera más específica el paradigma, para así poder encajar los fenómenos que se consideran relevantes para la investigación. Esto se realiza articulando en niveles más específicos las generalizaciones simbólicas para dar cuenta así del fenómeno empírico, como también aplicar el criterio de similitud entre los ejemplares y el nuevo problema concreto. En un comentario al formalismo estructuralista, Kuhn (2002) argumenta que la tarea primordial para la cual los estudiantes de ciencias son preparados es la de hacer la transición desde los modelos parciales a los modelos potenciales, mediante una ampliación utilizando conceptos T-teóricos. Podemos entender, entonces, a la tarea de la ciencia normal como la articulación de leyes más específicas que se derivan de las generalizaciones simbólicas, y como la ampliación de modelos parciales a modelos potenciales mediante conceptos T-teóricos. Esto último no es sino la idea de aserción empírica del estructuralismo (Guerrero, 2011), en la medida en que las aplicaciones propuestas son un subconjunto de los modelos parciales, al estar descritas mediante conceptos T-no teóricos, y que tienen que ser subsumidas por el contenido empírico de la teoría.

¿Cómo surgen las anomalías en la ciencia normal? Esto se puede responder entendiendo que surgen cuando las aserciones empíricas resultan falsas, es decir, cuando las aplicaciones propuestas no se subsumen en el contenido empírico de la teoría, consistiendo este último elemento, como se mencionó antes, en los modelos parciales susceptibles de ser ampliados por conceptos T-teóricos. Como habíamos dicho anteriormente, las aplicaciones propuestas son parte de los modelos parciales, por lo que se trataría la aserción empírica de ver si las aplicaciones propuestas son de tal manera que pueden subsumirse bajo los modelos parciales *susceptibles* de ser ampliados por conceptos T-teóricos, es decir, si son susceptibles de pasar a ser modelos potenciales.

Pero hay que recalcar que, dentro de la misma ciencia normal, las anomalías no refutan a

la teoría, sino que sólo resulta falsa la aserción empírica. Esto ocurre porque, en la estructura de las teorías, hay partes más esenciales que otras (Díez, 2003). Si bien este mecanismo de “evadir” las anomalías ya estaría presente en la idea de teorías científicas como conjunto de enunciados, al entender que lo que se refuta siempre son conjunciones de hipótesis centrales e hipótesis auxiliares, y no las hipótesis centrales mismas, la idea de jerarquización misma, esto es, la idea de que hay ciertos núcleos en las teorías que se consideran “irrefutables”, sólo se evidencia en la idea de Kuhn (y en Lakatos) y del estructuralismo. En efecto, cuando una anomalía ocurre, es decir, cuando queremos dar cuenta de un sistema empírico, pero que falla, dado que no conocemos las condiciones suficientes y necesarias para que un sistema empírico se considere como parte de las aplicaciones propuestas, entonces podemos decir que quizás el sistema empírico no sea efectivamente parte de nuestras aplicaciones propuestas, es decir, las aplicaciones propuestas que consideramos paradigmáticas no nos permiten poder abarcar al nuevo fenómeno concreto. Se trataría entonces de que el fenómeno que queríamos explicar no formaba parte del modelo de aplicación de nuestra teoría. En términos de Kuhn, la solución sería articular el componente aplicativo, esencialmente porque los ejemplares no son un conjunto de condiciones suficientes y necesarias, dado que esa es la definición de las reglas de correspondencia (Kuhn, 1993). En efecto, si consideramos que no todos los ejemplares tienen la misma jerarquía en las teorías científicas, esto es, si consideramos que sólo algunos son realmente considerados paradigmas, entonces ocurre que la solución a problemas ya resueltos quizás no eran tales, y se necesita reformular el ejemplar no paradigmático. Pero también ocurre que, si realmente el fenómeno empírico pertenece a las aplicaciones propuestas, o si al menos lo consideramos así, entonces quizás el problema radica en el contenido formal de la teoría, es decir, en las leyes específicas que se articulan para el problema concreto.

Este tipo de lecturas permite de alguna manera entender mejor la naturaleza de las anomalías en la ciencia normal, lo cual nos lleva a la idea de que la inconsistencia que habría en la idea de anomalía como fenómeno que escapa a la construcción del mundo por parte del paradigma no es real, pues la misma estructura de las teorías, tanto en su nivel de jerarquización como en su “vaguedad” respecto al contenido aplicativo (aplicaciones propuestas/ejemplares) permite entender el por qué hay anomalías y por qué es tan difícil refutar a toda una teoría. Que existan anomalías, entonces, no habla tanto de la existencia de un mundo independiente, sino más bien de la misma estructura de las teorías.

Pero, de manera más esencial, el problema de las anomalías se puede tratar desde la T-teoricidad de los conceptos por los cuales se formulan las aplicaciones propuestas y el contenido empírico, elementos fundamentales en la aserción empírica. Como hemos dicho anteriormente, una de las características de las aplicaciones propuestas es que no son independientes de algún aparato conceptual, pero sí deben serlo del aparato conceptual de la teoría que pretende dar cuenta de tales aplicaciones. Es decir, están descritas mediante conceptos teóricos de otras teorías. Si no fuera así, entonces no se podría salir de la circularidad que implicaría la idea de que los hechos están descritos por la misma teoría que pretende explicarlos. Pero ocurre

también que, si los fenómenos no son descritos por otras teorías, ni tampoco por la que pretende explicarlos, no habría manera de establecer una relación entre teoría y hechos, pues los hechos no tendrían ninguna relación con las teorías científicas (Guerrero, 2011). Entonces, cuando hablamos de que ciertos fenómenos empíricos escapan de las predicciones de la investigación ordinaria, esto no tiene por qué apoyar la idea de la existencia de un mundo independiente, pues la teoría no pretende describir los hechos desde sí, sino que pretende explicar hechos dados por otras teorías. Esto nos muestra que la crítica realista podría tener sentido si se limita a constatar que ciertos fenómenos no se adecúan a la conceptualización de la teoría que pretende explicar (pues precisamente la anomalía se da en la aserción empírica falsa) pero eso no implica que se pueda hablar de un mundo independiente. El supuesto en esta crítica realista es que el paradigma construye el mundo, y por lo mismo, no tendría sentido, si esto es lo que tenemos que entender de la teoría de Kuhn, el que hayan anomalías, pero si la lectura estructuralista que se hace aquí de Kuhn es correcta, entonces en realidad el asunto es que los hechos no son dados, pero tampoco son puestos por la teoría, sino por otras. Si esto es así, entonces las anomalías no nos hablan de un mundo independiente, pues los hechos están descritos por otras teorías distintas de la que pretende explicarlos.

Todo lo anterior sobre las anomalías lo hemos enfocado desde la práctica de la ciencia normal, principalmente porque es a partir desde la misma estructura de la ciencia normal donde podemos encontrar la naturaleza de las anomalías. Con los mismos elementos podemos decir brevemente con respecto a los cambios revolucionarios entre dos teorías, en los que las aserciones empíricas de una teoría empiezan a fallar, y en los que la teoría posterior subsume las aplicaciones propuestas de la precedente, que el que existan aserciones empíricas fallidas, al punto de llevar a una crisis, tampoco puede hablar de un mundo independiente, en virtud de que las anomalías de una teoría son resueltas en la que sigue, sin haber mayores inconvenientes al estar descritos los sistemas empíricos T-no teóricamente por parte de la teoría que quiere explicar tales sistemas (Díez y Moulines, 1997). Además, que dichos sistemas no se comporten como si se aplicasen las funciones T-teóricas de la teoría precedente no quita que no sean descritos por otras teorías que brindan los “datos”. Por todo lo anterior, se entiende que las anomalías, al ser aserciones empíricas fallidas, sólo pueden ser tales en función a una teoría que pretende explicar un sistema empírico descrito T-no teóricamente, pretendiendo extenderlo a un modelo potencial mediante conceptos T-teóricos, pero no puede tratarse de hechos completamente ajenos de las teorías.

VI

Habiendo visto las similitudes en Kuhn y el estructuralismo respecto a las estructuras complejas de las teorías científicas, podemos notar claramente que la crítica que se le hace a Kuhn sobre las anomalías, lejos de mostrar una crítica contundente, sólo resalta que en Kuhn, al menos el de la Estructura de las revoluciones científicas, la poca especificación en la caracterización de los elementos de los paradigmas (que después se denominaron “matrices disciplinares”) permite que se preste a confusión la estructura de las teorías. Por lo mismo, habiendo interpretado lo

más fielmente posible las ideas de Kuhn desde el estructuralismo, podemos darnos cuenta que en realidad, si la interpretación es correcta, las anomalías, lleven o no a revoluciones científicas, no permiten hablar de un mundo independiente de las teorías científicas, ya que la misma estructura sincrónica de las teorías permite entender cómo es posible que existan anomalías, sin caer en contradicción con que los hechos estén “cargados” de teoría. Así, esta crítica realista, más que plantear el problema del realismo vs anti realismo, da paso a preguntarse por la estructura misma de las teorías, problemas que obviamente no son separables en la práctica científica misma, pero que, en el ámbito de la filosofía, son claramente discernibles. Por lo tanto, lo que aquí se ha expuesto, más que debilitar la postura realista de Boyd, busca mostrar que su crítica particular sobre las anomalías puede ser tratada evidenciando que no hay inconsistencias en Kuhn respecto a dicha crítica.

Bibliografía

- BOYD, R. (1997) *On the current status of scientific realism* en Boyd, R. Gasper, P. Trout, J.D. (1997). *The philosophy of science (6ta ed.)* Massachusetts: The MIT Press.
- DÍEZ, J., MOULINES, C. (1997) *Fundamentos de Filosofía de la Ciencia* (1 ed.) España: Editorial Ariel.
- GUERRERO, G. (2011), *Compromisos epistémicos en el enfoque estructuralista de las teorías*, Revista de Filosofía Vol. 37 Núm.1 (2012): 7-26.
- KUHN, T. (2002): *El camino desde la estructura* (2 ed.) Barcelona: Paidós
- KUHN, T. (2006). *La estructura de las revoluciones científicas (3 ed.)*. México, D.F: Fondo de cultura económica.
- KUHN, T. (1993) *La tensión esencial* (2 ed.) España: Fondo de cultura económica
- LÓPEZ, S., DOMINGO, A., DE LA FUENTE, P., TAUSTE, F (2003), *Popper/Kuhn: Ecos de un debate* (1 ed), España: Montesinos

Una aproximación astronómica al primer motor inmóvil

*Gonzalo Luis Recio**

Introducción

La metafísica de Aristóteles encuentra en el tema del primer motor inmóvil una de sus cuestiones más importantes y fundamentales. Ningún estudio de la misma puede prescindir de un análisis de los textos que tratan acerca de él. No siempre, sin embargo, se ha prestado adecuada atención a la conexión entre las ideas del Estagirita sobre este tema y la ciencia empírica de su tiempo. El presente trabajo, justamente, trata de poner de relieve el modo en que la astronomía de la época influyó sobre el itinerario que siguió Aristóteles respecto del primer motor inmóvil.

La primera sección comienza describiendo, brevemente, el camino seguido por Aristóteles en la Física hasta alcanzar al primer motor inmóvil. Allí Aristóteles llega a la conclusión de que sólo hay –y sólo puede haber– un único primer motor inmóvil, al tiempo que dice que probablemente el primero sea el único motor inmóvil. Es sin embargo interesante notar que ya en el libro VIII de la Física el propio Aristóteles indica algunas razones que, llevadas a sus consecuencias naturales, le llevarán a un cambio de opinión a este respecto¹.

La segunda sección sigue un itinerario similar al de la primera, sólo que ahora se ocupa de la Metafísica. En particular se interesa por resaltar los fundamentos metafísicos de la noción de motor inmóvil, las nociones de materia y forma, con el fin de mostrar que, en la filosofía aristotélica, la multiplicidad de motores inmóviles era perfectamente coherente con sus principios metafísicos.

En la tercera y última sección el trabajo se ocupa de analizar con detenimiento los textos aristotélicos para mostrar la relevancia que en la Metafísica habían tomado las teorías astronómicas que Aristóteles había aceptado, las de Eudoxo y Calipo, y de qué modo éstas influyeron en la imagen cosmológica que Aristóteles presenta en la Metafísica, una algo distinta a la presentada en la Física.

Volver a pensar los fundamentos de algunos de los textos más importantes e influyentes de todo el corpus aristotélico, las relaciones que hay en él entre ciencia empírica y metafísica, y el modo según el cual el propio Aristóteles las une en un único argumento no sólo constituye un valor por sí mismo, dada la importancia del autor, sino que también puede servir para reconocer con mayor claridad las diferencias entre las ideas de Aristóteles y las del aristotelismo posterior, en particular respecto del uso apologetico y teológico que los autores medievales hicieron de estos pasajes del Estagirita.

El primer motor inmóvil en Física VIII

El tema central del libro VIII en la Física de Aristóteles es el movimiento: su existencia, su

* Universidad Católica Argentina

eternidad, y, sobre todo, sus causas. En él el Estagirita quiere probar unas pocas tesis: primero, que todo lo que se mueve es movido por otro, en segundo lugar, y en conexión con lo anterior, que en la realidad hay cadenas causales que no tienen un inicio temporal, aunque sí un principio originante, y por último, que ese principio originante es un motor inmóvil.

En la primera de las tres tesis mencionadas encontramos el inicio del camino que seguirá el Estagirita hasta llegar a la existencia del primer motor. Aristóteles entiende al movimiento como un paso de un estado potencial a uno actual. Es claro para él que nada puede realizar ese paso si no es por la intervención de otro ente que, de algún modo, ya se encuentre en un estado actual respecto de aquéllo que será movido: nadie puede enseñarse a sí mismo, sino que debe aprender de otro que ya sepa, por ejemplo. La explicación aristotélica es sumamente sutil, distinguiendo entre una gran variedad de movimientos, -entre los cuales el local es sólo un tipo- y mostrando cómo siempre, en última instancia, hay un motor que mueve al móvil.

La segunda tesis propuesta presenta dos aspectos distintos, los cuales son objeto de una larga reflexión por parte de Aristóteles: por un lado, ¿hubo un comienzo temporal del movimiento? Y por otro ¿hay un inicio causal absoluto del movimiento? Aristóteles responde afirmativamente a ambas preguntas. Respecto del comienzo temporal, Aristóteles muestra su tesis a través de dos caminos. Primero supone que efectivamente en algún punto del tiempo todo estaba en reposo, y que en un momento determinado comenzó el primer movimiento. ¿Qué cambió para que en ese momento comenzara el movimiento y no antes? Necesariamente algo tuvo que haber cambiado, lo que supone que antes del primer movimiento hubo otro movimiento. Por otro lado Aristóteles analiza la noción temporal de ahora, y muestra que puesto que todo ahora necesariamente debe ser precedido por otro ahora, entonces el tiempo no tiene comienzo. Y puesto que el tiempo es él una cierta medida del movimiento, entonces el movimiento mismo tampoco pudo haber tenido comienzo.

Respecto de la existencia de un principio causal absoluto, Aristóteles no abunda en detalles. Su necesidad le resulta obvia, y meramente la señala con frases como

pues es imposible que haya una serie infinita de movientes movidos por otro, ya que en una serie infinita no hay nada que sea primero (VIII, 256a)

o

la serie tendrá entonces que detenerse (VIII, 257a)

Aristóteles consideraba, con razón, que la necesidad de un principio del movimiento era algo que la intuición del lector fácilmente podía captar.

Respecto de la tercera tesis, según la cual el necesario principio del movimiento debe ser algo que mueva pero que a la vez no sea movido ni movable, Aristóteles hace una larga argumentación que puede sintetizarse de la siguiente manera. Si en el movimiento el acto es anterior a la potencia en cuanto que es necesario un ente que esté en acto para que otro ente pase de la potencia al acto, y si al mismo tiempo debe haber un primer motor, entonces ese primer motor no puede a su vez

moverse, pues haría entonces necesaria la existencia de un ente anterior que a su vez lo mueva. Debe ser un primer motor que además sea Inmóvil, libre de potencialidad.

El tema que Aristóteles trata a continuación es de especial interés para la cuestión que me ocupa, pues se pregunta cuál es ese primer movimiento causado por el primer motor. Aristóteles explica detalladamente por qué el primer movimiento debe ser local, y por qué éste debe ser un movimiento local circular. Los argumentos particulares no nos conciernen ahora, baste señalar que ya en la Física Aristóteles concibe al movimiento de las esferas como el único movimiento infinito. Es notable, sin embargo, el hecho de que al argumentar que el movimiento circular es el único que puede ser concebido como el primer movimiento, no menciona ni una sola vez al movimiento de las esferas celestes. La cuestión es llamativa teniendo en cuenta que en otras partes de la Física no tiene problemas en hablar de las esferas, los movimientos planetarios, etc².

Aristóteles ocupa una buena parte del libro en demostrar que sólo puede haber un único primer motor inmóvil³. Sin embargo deja suspendida la respuesta a la cuestión acerca de si es posible que exista más de un motor inmóvil. Cuando avanza sobre el tema del número de los motores inmóviles, dice que en caso de que haya un sólo movimiento eterno habrá un sólo motor inmóvil –el primero–. Pero también plantea la posibilidad de que haya más de un movimiento eterno:

si son más de uno, habrá una pluralidad de tales movimientos eternos. Pero hay que pensar que es más bien uno que muchos, o finitos más bien que infinitos (VIII, 259a)

Nuevamente, es llamativa la advertencia de que es conveniente suponer sólo un motor inmóvil, dado que Aristóteles ya sabía que en el universo existían muchos: los de los planetas. Ya en la Física Aristóteles señala que un motor inmóvil sólo puede causar un sólo movimiento en virtud de su simplicidad:

el moviente inmóvil, al permanecer simple, invariante y en lo mismo, moverá con un movimiento único y simple (VIII, 260a)

Es sin embargo un hecho que la opinión aristotélica en la Física se inclina hacia la existencia de un único motor inmóvil, que es llamado primero en tanto causa el primer movimiento, por el cual se mueven todas las demás cosas del universo. La posibilidad de muchos motores inmóviles, sin embargo, queda abierta, y sujeta a la existencia de una multiplicidad de movimientos eternos.

Motores inmóviles en la Metafísica

Mucho se ha escrito acerca del origen y la naturaleza del libro Λ de la Metafísica. Algunos como Werner Jaeger⁴, lo ven como una sección que representa el pensamiento aristotélico original, todavía muy influenciado por las doctrinas religiosas platónicas. Del otro lado encontramos otros autores como Giovanni Reale⁵, quien ve en este libro la culminación del propio viaje de Aristóteles por los caminos de la filosofía. Sea cual fuere el caso pienso que, tal como ha

llegado a nosotros, el libro Λ es el punto de fuga de toda la obra. En el libro A , por ejemplo, usa a la sustancia⁶ inmaterial para definir la esencia misma de la metafísica. También la quinta, la octava, y la decimotercera aporías del libro B exigen una solución adecuada acerca del tema de las sustancias no materiales. En el libro Γ , en su defensa del principio de no contradicción, Aristóteles no sólo usa el ejemplo de las sustancias no sensibles como entes no contradictorios *par excellence*, sino que también hace una referencia explícita al motor inmóvil cuando argumenta la imposibilidad de que todo esté quieto en el principio. Al mismo tiempo, en el libro Θ hace una nueva referencia al motor inmóvil, aunque en este caso mientras explica por qué el acto es, considerado en sí mismo, anterior a la potencia. Finalmente, en el libro K , además de hacer numerosas referencias a las sustancias no sensibles –como había hecho previamente, por ejemplo en el libro Z – nos deja otro pasaje sugestivo:

Por tanto, alguna distinta de estas dos ciencias [las matemáticas y la física] se ocupa de lo que es separado e inmóvil, si es que hay alguna entidad tal, quiero decir, separada e inmóvil, algo que tratamos de demostrar (K , 1064a)

De este modo llegamos, finalmente, a la decimosegunda parte de la Metafísica, el libro Λ . Como dije, la mayoría del libro está dedicado a una cuestión: la existencia y propiedades del motor inmóvil. Luego de una serie de consideraciones preliminares el Estagirita comienza su demostración de la existencia de un primer motor inmóvil. El argumento central es conciso: la existencia de movimiento reclama un primer motor, y, en sus fundamentos, sigue las mismas líneas que el texto de la Física. En la Metafísica, el argumento está interconectado con sus teorías astronómicas:

existe algo que se mueve eternamente con movimiento incesante, y éste es circular. (Esto lo ponen de manifiesto no sólo el razonamiento, sino también los hechos.) Conque el primer cielo será eterno. Hay también, por tanto, algo que mueve. Y como lo que está en movimiento y mueve es intermedio, hay ciertamente algo que mueve sin estar en movimiento y que es eterno, entidad y acto (Λ , 1072a)

La cosmología aristotélica, apenas sugerida en este libro, era una en la cual la Tierra se hallaba en el centro, con los diferentes planetas⁷ girando a su alrededor, todos ellos fijos en esferas geocéntricas que hacían revoluciones cíclicas a velocidad uniforme. La esfera exterior, que era la que correspondía a las así llamadas estrellas fijas y tardaba poco menos de un día en hacer una revolución⁸, es a lo que se refiere Aristóteles con la expresión *el primer cielo*. El significado del texto, entonces, es claro: puesto que el movimiento de la esfera de las estrellas fijas es eterno, debe entonces haber una οὐσία eterna que lo cause. La naturaleza de las estrellas no puede explicar suficientemente su propio movimiento pues son materiales y, como tales, una mezcla de actualidad y potencialidad. Las estrellas son potenciales al menos respecto del movimiento local:

Y todas las cosas que cambian tienen materia, si bien distinta: incluso todas las cosas eternas que no son generables, pero están sometidas a movimiento local, sólo que la tienen no para la generación, sino para ir de un sitio a otro (Λ , 1069b)

Puesto que ningún ente puede moverse a sí mismo en aquello respecto de lo cual se halla en potencia, se vuelve clara la necesidad del motor para explicar el movimiento de las estrellas fijas.

Es central al argumento, por supuesto, el hecho de que el primer motor inmóvil debe ser *entidad y acto*, esto es, el primer motor inmóvil es algo cuya naturaleza es acto, sin mezcla de potencia. Aristóteles repite esto muchas veces, y lo hace con razón: si fuera potencial respecto de algo, entonces un nuevo motor sería necesario para explicar su movimiento, puesto que como ya se mencionó, la actualidad es anterior a la potencialidad.

La siguiente pregunta a plantearse ahora es ¿qué significa, para Aristóteles, que una entidad sea puro acto? La respuesta la da él mismo:

ha de haber un principio tal que su entidad sea acto. Además, estas entidades han de ser inmateriales, puesto que son eternas, si es que también hay alguna otra cosa eterna. Son, pues, acto. (Λ, 1071b)

unas líneas después dice, acerca de los motores inmóviles, que ellos son

entidades de naturaleza eterna e inmóviles por sí mismas y carentes de magnitud (Λ, 1073a)

y más tarde, cuando se refiere al primer motor inmóvil, afirma que

La esencia primera, sin embargo, no tiene materia, puesto que es plena actualidad (Λ, 1074a)

Evidentemente, para Aristóteles, ser pura actualidad significaba la completa ausencia de materia. Esto no debe sorprendernos, pues según Aristóteles la relación acto-potencial más profunda es aquélla entre forma y materia. Aunque no utiliza el término *forma* al hablar acerca del *principio tal que su entidad sea acto*, en otros pasajes admite la posibilidad de una forma que exista separadamente de la materia:

la forma está en acto en la medida en que es separable, y también el compuesto de ambas (Λ, 1071a)

y también

En cuanto a si, además, permanece algo después, habrá que estudiarlo: en algunos casos nada lo impide, por ejemplo, si tal es el caso del alma, no toda el alma, sino el Entendimiento. Toda es, seguramente, imposible (Λ, 1070a)

El primer motor inmóvil es, pues, una entidad que es sólo forma. De hecho, en Aristóteles no puede sino ser sólo forma, en tanto es el nombre más fundamental para *acto*, así como *materia* lo es para la *potencia*. Toda actualidad posterior viene de la forma como de su fuente radical. Sin materia, no queda ninguna potencialidad que pueda manchar la pura actualidad necesaria en el primer motor.

Esferas y motores: teorías homocéntricas y sus implicancias metafísicas

Inmediatamente después de la descripción del primer motor inmóvil Aristóteles propone la pregunta de si hay una o varias entidades con esas características. Como dije, es una pregunta que queda, hasta cierto punto, abierta en la Física. Yo, en cambio, propongo una pregunta anterior: ¿es siquiera posible la existencia de más de un *principio tal que su entidad sea acto*? ¿Puede haber más de un ente que sea pura actualidad? La respuesta a esa pregunta está implícita en el hecho de que, como fue señalado antes, para Aristóteles *forma es acto*, y sólo acto. Al mismo tiempo es el “lo que es ser tal cosa” de la entidad, aquello que determina el modo según el cual la entidad es en absoluto o, como Aristóteles lo dice,

la esencia, cuyo enunciado es definición (Δ , 1017b)

Puesto que la definición es dada por la forma, y hay infinitas posibles definiciones para las entidades inmateriales, esto significa que, en principio, no hay un límite numérico a cuántas posibles entidades de esa clase puede haber. En otras palabras, si la forma es lo que determina la especie –y un motor inmóvil no es más que forma– entonces la ausencia de materia no es un impedimento para la diversificación específica entre motores inmóviles.

Ahora podemos volver a la pregunta aristotélica, y al camino que Aristóteles sigue para responderla. Cuando el Filósofo pregunta acerca de la cantidad de motores inmóviles no busca la respuesta siguiendo caminos metafísicos, sino que se vuelve hacia la astronomía para buscar indicios que le permitan decidir por una posición o la otra. Como todas las grandes civilizaciones antiguas, los griegos habían notado que había algunas estrellas que no realizaban un movimiento simple, circular y uniforme. Esto hacía que las mismas se movieran por entre las demás estrellas, las que seguían el movimiento del primer cielo. Fue este fenómeno el que les dio su nombre: *planetés*, errantes. El genio griego ya había comenzado, en tiempos de Aristóteles, a desarrollar una teoría matemática que sería –quizá junto a la teoría matemática de las armonías musicales– el modelo para toda teoría matemática de los fenómenos naturales en tiempos venideros. Este avance fue posible cuando los astrónomos y filósofos griegos empezaron a interpretar el movimiento aparentemente errático de esas estrellas como una combinación de movimientos circulares y uniformes. Con el tiempo esto llevaría a la teoría de los epiciclos y deferente y, más tarde, a invenciones teóricas aún más audaces como el punto ecuanter. En los tiempos en los que el Estagirita enseñaba en el Liceo, sin embargo, la astronomía griega se hallaba todavía en un estadio menos sofisticado. Los propios textos aristotélicos nos hablan de un universo con esferas concéntricas, la más exterior de las cuales era, como él la llama: *el primer cielo*. Esta esfera llevaba a la totalidad de las estrellas fijas, pero también al resto de los cuerpos celestes, en una revolución periódica diaria, en un movimiento continuo sin comienzo ni final en sentido temporal. Como sabemos Aristóteles identifica, comprensiblemente, al primer motor del primer cielo con el primer motor que es pura actualidad: el primer motor inmóvil.

No obstante, y puesto que todo cuerpo celeste con excepción de las estrellas fijas parecía tener, además del movimiento diurno, un movimiento propio que les hacía cambiar sus

posiciones relativas respecto de la totalidad de las estrellas fijas, y entre sí, astrónomos como Calipo y Eudoxo habían teorizado la existencia de esferas interiores a la primera, cada una de las cuales tenía su propio movimiento a velocidades y con ejes de rotación distintos al de la esfera exterior, explicando así el movimiento independiente de los planetas. De hecho, cada órbita planetaria era explicada no por una sino por varias esferas que funcionaban como un mecanismo combinado. La pregunta que tenemos delante ahora es: ¿qué mueve a esas esferas secundarias? ¿el primer motor?

El Principio, la Primera de las cosas que son, no es susceptible de movimiento ni por sí ni accidentalmente, y mueve produciendo el movimiento primero, que es eterno y uno. Y puesto que es necesario que lo que se mueve sea movido por otro, y que lo primero que mueve sea inmóvil por sí, y que el movimiento, siendo eterno, sea producido por un motor eterno y siendo uno, por uno sólo; y puesto que, de otra parte, además de la traslación simple del Todo que consideramos producida por la entidad primera e inmóvil, observamos otras traslaciones que son eternas, las de los planetas (el cuerpo que se mueve en círculo es, en efecto, eterno y sin interrupción: la demostración de esto está en la Física), es necesario también que cada una de estas traslaciones sea movida por una entidad inmóvil por sí y eterna. Pues la naturaleza de los astros es cierta entidad eterna, y lo que los mueve es eterno y anterior a lo movido, y lo anterior a una entidad es necesariamente entidad. Es, por consiguiente, evidente que habrá otras tantas entidades de naturaleza eterna e inmóviles por sí mismas y carentes de magnitud por la razón anteriormente expuesta (Λ , 1073a)

Este texto está directamente ligado al citado pasaje de la Física donde Aristóteles señala que la simplicidad del primer motor impide que cause diversidad de movimientos. No otra cosa significan las palabras “y siendo uno, por uno sólo”. El primer motor inmóvil no puede, entonces, ser responsable del movimiento propio de los planetas, ni siquiera en un sentido mediato. ¿Qué está causando el movimiento de esas esferas, entonces? La respuesta de Aristóteles es inequívoca: otros motores inmóviles. Aristóteles encuentra, luego de sus investigaciones astronómicas, que ésta era no solo una mera posibilidad sino una afirmación metafísica que era sugerida por las mejoras hipótesis astronómicas disponibles. Aristóteles, es verdad, se muestra preocupado por demostrar la unicidad del primer motor inmóvil. Incluso se ocupa de demostrar que no puede haber más de un primer motor inmóvil:

Por otra parte, que el universo es uno solo, es evidente. En efecto, si hubiera muchos universos, como hay muchos hombres, el principio de cada uno de ellos sería específicamente uno, pero numéricamente muchos. Ahora bien, las cosas que son muchas numéricamente tienen materia (ya que la noción es una y la misma para muchos, por ejemplo, la de «hombre», pero Sócrates es uno). La esencia primera, sin embargo, no tiene materia, puesto que es plena actualidad. Luego, lo primero que mueve, siendo inmóvil, es uno en cuanto a la noción y también en cuanto al número. Y uno es también, sin duda, lo movido eternamente y sin interrupción. Por consiguiente, sólo hay un universo (Λ , 1074a)

En Metafísica A la discusión acerca del número de motores inmóviles viene sólo luego después del famoso pasaje donde bellamente describe el tipo de Vida que el primer motor vive, como si fuera una cuestión de importancia secundaria. El hincapié que Aristóteles hace en este tema debe comprenderse como parte del posicionamiento aristotélico respecto de la cantidad de mundos que existen. Muchos primeros motores inmóviles implican muchos universos independientes e inconexos entre sí. Mostrar que no puede haber más de uno significa mostrar que no hay más que un universo.

Justamente por todo esto, debe notarse que el primer motor inmóvil es de hecho primero en un sentido particular: es el motor del primer cielo, de la esfera de las estrellas fijas. Como Aristóteles señala, no es responsable de todos los movimientos del universo. No es causa universal. En cierto sentido hay muchos “primeros motores”, en tanto hay movimientos –al menos, los movimientos propios de los planetas– que encuentran su origen absoluto no en el *primer* motor inmóvil, sino en algún otro motor inmóvil. Es por ello que en Aristóteles el adjetivo *primer* debe interpretarse en un sentido principalmente astronómico.

Conclusión

El trabajo muestra, en primer lugar, cuál es el papel que Aristóteles concibe para el primer motor inmóvil en la Física. Allí nos dice que, muy posiblemente, todos los movimientos del universo encuentran su origen último en su capacidad motora. No obstante, esta universalidad causal es sólo accidental. No es de ninguna manera necesario que el primer motor cause todos los movimientos, sino que de hecho se da que es así, ya que hay un sólo movimiento circular eterno. Como indiqué en su momento, hay ciertamente una dificultad aquí, ya que el propio Aristóteles, en la misma obra, habla de los planetas y los muchos movimientos circulares que sus órbitas implican. Como sea, en la Física el Estagirita parece ignorar la cuestión astronómica, y ocuparse del primer motor inmóvil como de la causa última del movimiento en el universo.

En la Metafísica, sin embargo, el Filósofo vuelve a ocuparse del mismo problema. Su solución acerca de las características generales del primer motor inmóvil sigue las mismas líneas que la Física. Los textos citados, sin embargo, muestran que las consideraciones astronómicas habían comenzado a jugar un rol central en sus investigaciones metafísicas, a tal punto que ahora sí ha aceptado en plenitud las implicancias de las teorías de Eudoxo y Calipo tienen en el tema de la cantidad de motores inmóviles. De este modo, queda aquí más claramente visible el hecho de que para Aristóteles la adjetivación de *primero* para el primer motor inmóvil tiene una connotación fundamentalmente astronómica: es el motor de la esfera más exterior, la de las estrellas fijas. Puesto que todo lo demás es ciertamente afectado por este movimiento, su influencia es verdaderamente universal. Sin embargo hay que notar que no es esencial al primer motor el causar directa o indirectamente, todos los movimientos del universo. Los mismos fundamentos metafísicos del Estagirita, es decir, su modo de concebir al acto y a la potencia, dejan la puerta abierta a que en realidad haya muchos movimientos circulares eternos, cada uno de los cuales tenga un motor inmóvil como causa. Esta hipótesis aparentemente descartada en

la Física vuelve sin embargo en la Metafísica con renovadas fuerzas, aquéllas que le llegan de las teorías astronómicas que, a esa altura, Aristóteles había tomado con mayor seriedad. En el libro Λ vemos un universo donde hay muchos motores inmóviles –Aristóteles arriesga un número mínimo de cuarenta y siete–, cada uno de los cuales es completamente independiente de los demás, y donde cada uno es responsable del movimiento de una esfera, y sólo una.

Notas

1. Como es sabido, hay un gran debate respecto de la cronología de las obras aristotélicas. Me inclino por la interpretación de Reale (2003), que asume una prioridad de la Física respecto de la Metafísica. Las referencias a la Física que encontramos en el texto de la Metafísica (cfr. 983b, por ejemplo) son apenas algunos de los argumentos en favor de esta postura. Es usual encontrar, entre los defensores de una Física posterior al libro Λ de la Metafísica, una separación tajante entre un Aristóteles todavía “metafísico”, y uno posterior, más “empírico”, responsable, primero, de la Física y, luego, de la Metafísica, con la excepción del libro Λ , que correspondería a su etapa pre empírica. Contra la idea de un texto fragmentario sostenida, entre otros, por Jaeger (1948), Reale afirma que, así entendida, la Metafísica resulta incomprensible (cfr. pág. 17).

2. Cfr., por ejemplo, VIII, 259b, 25-35.

3. Como veremos, este tema lo retoma en la Metafísica. La cuestión es recurrente a lo largo del corpus aristotélico. Como señala Wolfson (1958, págs. 239-240), la intención es mostrar que sólo hay un único primer motor para así mostrar que no hay que más que un mundo, contra las doctrinas atomistas que sostenían lo contrario.

4. Jaeger (1948).

5. Reale (2003).

6. La noción de ousía, sustancia, en Aristóteles, es sumamente rica, al tiempo que es una de las nociones fundamentales de toda su doctrina. Debido a que en cierta medida Aristóteles se separa de la comprensión platónica de la ousía, lleva a cabo un gran esfuerzo por transmitir qué entiende él por ousía: la define, la describe, da ejemplos de ella. En el libro Δ de la Metafísica, por ejemplo, Aristóteles dice que las sustancias “no se predicán de un sujeto, sino que las demás cosas se predicán de éstas”. A mi juicio, este es el sentido principal del término. Aristóteles, sin embargo, lo utiliza análogamente en otros casos, por ejemplo para referirse a los elementos materiales (tierra, agua, aire, fuego) que componen los cuerpos, o a las causas inmanentes de un ente, como el alma respecto del viviente.

7. Éstos incluyen a los cinco planetas visibles a ojo desnudo de nuestra astronomía moderna, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno, pero también el Sol y la Luna, en tanto ellos también realizan movimientos que no siguen a las estrellas fijas, y eran por ellos considerados planetas.

8. Mientras que 24 hs. es, por definición, el tiempo que le toma al Sol alcanzar la misma longitud en el cielo, a una estrella fija le toma 4 minutos menos.

Bibliografía

AQUINAS´ WORKS. Ediciones bilingües en www.dhspriority.org

- ARISTOTLE'S WORKS. Ediciones en original griego en Perseus Digital Library (<http://www.perseus.tufts.edu>)
- ARISTÓTELES. *Física* (trad. De Echandía, 1995). Madrid: Gredos.
Metafísica (trad. Calvo Martínez, 1994). Madrid: Gredos.
- GILSON, E. (1936). *The spirit of mediaeval philosophy*. London: Sheed and Ward.
- JAEGER, W. (1948). *Aristotle: fundamentals of the history of his development* (2nd edition ed.). (R. Robinson, Trad.) Oxford: Clarendon Press.
- REALE, G. (2003). *Guía de lectura de la Metafísica de Aristóteles* (2nd ed.). (J. Lopez de Castro, Trad.) Barcelona: Herder.
- WOLFSON, HARRY (1958). The Plurality of Unmavoble Movers in Aristotle and Averöes; *Harvard Studies in Classical Philology*. Vol 63. (1958). pp. 233-253.

El discurso de la sincronización en el Observatorio de Córdoba. Ciencia, sociedad y Estado en la Argentina del siglo XIX

*Marina Rieznik**

Introducción

Este trabajo esboza un análisis comparativo entre discursos de sincronización de los trabajos científicos al interior del Observatorio de Córdoba, por un lado, con procesos de sincronización del territorio nacional, por el otro. Debe destacarse que entonces prevalecía una noción del tiempo como parámetro exterior y regular, absoluto, verdadero, matemático, contra el que era susceptible de ser medido el devenir del mundo natural y social, según la concepción científica newtoniana ya extendida para entonces a los criterios del sentido común. En ese sentido, los intentos de sincronizar actividades distantes eran una manifestación más de esa misma extensión. (Bartkly, 2000; Dohrn-van Rossum, 2000; Galison 2003; Welch, 1972) No obstante, la insistencia en la coordinación temporal de tareas distantes hacia fines del siglo XIX, está ligada también a una serie de transformaciones materiales específicas de carácter internacional que tendrán un punto fundamental a principios del siglo XX con el trastocamiento de las nociones científicas y del sentido común sobre el sentido de la medida del tiempo (Galison, 2003). Galison mostró que la extensión de las tecnologías de medición del tiempo tuvo mucho que ver con el traspaso de una concepción del tiempo como “sensorio de Dios”, según Newton, a una concepción en donde se lo definía como referencia a un sistema definido de relojes acoplados. En donde el tiempo fluiría a ritmos diferentes, por eso “tiempos” y no ya tiempo absoluto. Nuestro estudio se centra en los problemas de una concepción cotidiana y científica del tiempo específica de la mecánica newtoniana, donde todavía los relojes eran reflejos de ese tiempo uniforme y exterior al devenir material; no obstante, los conflictos relatados muestran un estado de la situación propio de la época en todo el globo, que a largo plazo será uno de los tantos ingredientes que llevarán a Einstein a transformar los criterios científicos sobre las nociones de tiempo y espacio a inicios del siglo siguiente. En este trabajo puede considerarse hipotéticamente como describiendo el inicio de esa transformación desde una concepción absoluta del tiempo a una concepción procedimental del mismo (Galison, 2003). Se mostrará que las situaciones generadas por la falta de coordinación temporal no eran apremiantes, a pesar del carácter de urgencia de los discursos que bregaban por sincronizar las actividades. Se cruzarán perspectivas de la epistemología histórica que orientarán la búsqueda de fuentes sobre la construcción de objetos científicos, con debates sobre la construcción y naturaleza del Estado en la Argentina.

Sincronizaciones

En anteriores trabajos mostré que en los discursos del director del Observatorio de Córdoba

* Universidad Nacional de Quilmes / Universidad de Buenos Aires / CONICET

en el siglo XIX aparece la necesidad de cierto control ajustado del tiempo de trabajo de los astrónomos, ligado al intento de eliminar una serie de errores de observación (Autor, 2013) Hasta el siglo XIX los mapas del cielo circulaban en ámbitos diversos en los que no era una necesidad imperiosa contar con una única representación de toda la cúpula celeste. Esos mapas adquirían entonces sentido desde recorridos territoriales restringidos, tanto como aquellas porciones del cielo que se veían sobre los mismos. Por el contrario en el siglo XIX, en consonancia con la extensión de los entramados territoriales de las naciones modernas y la conformación de redes de trabajo internacionales, los astrónomos resignificaron los mapas anteriores como mosaicos dispersos, retazos desparramados de una cúpula recortada, cuando no desperdicios de trabajo desorientado. Entonces invocaron la necesidad de extender los mapas unificados de todo el cielo avizorado desde el planeta. Los mapas y catálogos estelares se armaban sobre un entramado cada vez más denso de transportes y medios de comunicación, adquiriendo así un nuevo valor: la representación de la cúpula celeste debía estar constituida de tal modo que permitiese ubicar la coordenada de cada estrella desde lugares del planeta antes inimaginados. Precisar variables estelares significaba cartografiar, saber por dónde mover hombres y mercancías, calcular recorridos y tiempos en los tendidos ferroviarios y en las expediciones militares. Esta asociación entre el desarrollo de la astronomía al servicio de la navegación, de la cartografía y del dominio territorial fue señalada reiteradamente por la historiografía (Crosby, 1997; Palau Baquero 1987; Marshall, 2001). Sin embargo, ni el fenómeno de la expansión territorial era nuevo, ni la elaboración de catálogos y mapas celestes que ya existían antes del siglo XIX. Lo propio de ese siglo, y de las redes de trabajo en las que los astrónomos que aquí mencionaremos se movían, fue el intento de unificar los catálogos astronómicos. Se aspiraba entonces a representar la totalidad de la cúpula celeste y que los equipos de los observatorios respondiesen a los mismos criterios de trabajo, característica que se manifestaba en los diversos fondos estatales y privados que financiaban y ponían en acción las tareas astronómicas internacionales.

En esta senda de organización ampliada del trabajo astronómico se incluían también transformaciones instrumentales; el crecimiento del diámetro de los telescopios; la introducción del cronógrafo eléctrico para estandarizar el sentido del paso del tiempo en las observaciones; la construcción de fotómetros para consensuar las medidas de los brillos estelares. Se multiplicaron entonces los acuerdos internacionales sobre cómo utilizar estos dispositivos, sobre las unidades de medida y puntos de referencias comunes que servían al cálculo astronómico de las distancias terrestres y diversas convenciones respecto a la disciplina, organización y regulación del trabajo astronómico (Canales 2001; Rogers, 1883; Safford, 1896 y 1897; Stauber mann, 2001).

Como parte de esas tareas, los cronógrafos jugaron un papel fundamental en lo que podemos denominar como intentos de “encorsetar el transcurso del tiempo”. En el Observatorio de Córdoba, tenían un uso muy intensivo los cables que salían y entraban de esos aparatos que transmitían señales eléctricas para marcar en gráficos tiempos homogéneos. El trazo dejado sobre un papel por la pluma de estos dispositivos, interrumpido solo cuando el astrónomo presionaba un botón mientras miraba por el ocular de un telescopio, permitía registrar los momentos de

los pasos de las estrellas por los meridianos locales. Dibujar el tiempo era atraparlo y poder darle uso; era observar no sólo el tiempo de los movimientos aparentes de las estrellas sino también el ritmo de los cuerpos de los observadores. (cf. Schaffer) El observatorio de Córdoba entra de lleno en los regímenes de trabajo astronómico caracterizados por Schaffer para la misma época, con una división del trabajo bastante extendida y con complejas organización y vigilancia de las tareas destinadas a ensamblar los cálculos y productos de las observaciones.

En anteriores trabajos mostré cómo en Córdoba el control de los tiempos del equipo por parte del director estaba íntimamente vinculado a las tentativas mencionadas por eliminar una serie de errores de observación. Muchos de ellos eran asociados a los tiempos disímiles de registros del paso de las estrellas por los oculares. La variación ocurría en lo que marcaban diferentes observadores o en distintas observaciones de un mismo astrónomo. Entonces gran parte de las actividades de registros para mapas estelares conllevaban un esfuerzo por investigar, delimitar, eliminar o definir este conjunto de errores observacionales que se empezaban a denominar “ecuaciones personales”. Antes del cronógrafo, el observador que utilizaba el método de “ojo-y-oído” escuchaba el péndulo de un reloj y anotaba los tiempos cuando veía pasar determinada estrella por cada uno de los hilos fijos, verticales y a la misma distancia, ubicados en el ocular del telescopio (Chapman, 1983). Cuando se entendía que la causa de los errores eran los registros subjetivos y por eso disímiles del tiempo, la solución pasaba por encontrar máquinas, entre ellas el cronógrafo, que pudieran brindar un patrón del paso del tiempo homogéneo para observadores distintos o para diferentes observaciones de un mismo individuo.

Estos errores, que como Arago (1853) señalaba podían acumularse y derivar en problemas groseros de ubicación territorial, tenían una doble dimensión. Por un lado, la división del trabajo al interior de un observatorio requería, sino eliminar, por lo menos estandarizar los errores; por otro lado, además los astrónomos debían encargarse de coordinar la tarea de registro desde diferentes puntos del planeta. Aún más, se advertía con preocupación que la ecuación personal ni siquiera era constante para cada observador. El mismo astrónomo podía observar en tiempos diferentes según el punto del zenit en el que se encontraba la estrella y también se detectaban variaciones según la magnitud de los brillos estelares. Algunos astrónomos registraban que primero veían y luego escuchaban, excepto cuando las estrellas eran muy débiles, entonces la relación se invertía; para complicar aún más las cosas, esto no era válido para todos los observadores. En el observatorio cordobés, el intento de resolver estos problemas insumía muchas de las horas de trabajo y Gould hacía referencias constantes a las conclusiones de otros astrónomos al respecto. Mediante tecnologías que suponían conectar telescopios con relojes, cronógrafos y cables conectados a circuitos eléctricos, se intentaban sincronizar actividades para poder así ensamblar sus resultados eliminando estos errores. El equipo de Gould avanzaba así en los intentos de la astronomía internacional por hacer experiencias con los dos métodos aún solapados en las prácticas —el de ojo y oído y el cronográfico. Es decir la tecnología cronográfica, los dispositivos de relojería y los alambres telegráficos no eran utilizados acriticamente, se trataban de manipular las consecuencias de su introducción en los

procesos de trabajo. Eran frecuentes las reflexiones sobre cómo estos dispositivos eléctricos funcionaban en la medición y coordinación de los tiempos de actividades diversas, distantes y diferidas; la tecnología de medición del tiempo se veía como solución a ciertos problemas, no obstante, generaba otros tantos.

Hay que remarcar que la sensación de que la coordinación temporal era necesaria para ensamblar trabajos diversos se extendía por todo el mundo del laboral y no era exclusiva del ámbito científico, sin embargo, el nivel de ajuste que se reclamaba de los trabajos de la ciencia era alto y por lo tanto la simultaneidad era buscada con más controles y con fracciones menores de segundo, esto ya lo han señalado varios historiadores de la astronomía. (cf. Canales, 2009) Jimena Canales, por ejemplo, gira en torno a las preguntas que son respondidas midiendo décimas de segundos durante el siglo XIX, que van desde los laboratorios de fisiología a los observatorios astronómicos pasando por los laboratorios de psicología experimental. En términos más generales, la autora apunta a desentrañar cómo es que los científicos terminan siendo capaces de instalar a la medición, en este caso de hasta décimas de segundos, como una forma de conocimiento distinto y superior a otros tipos de conocimientos. La pregunta es válida para este artículo reformulada en torno a cuánto tuvo que ver la insistencia denodada de los directores de los observatorios astronómicos por coordinar los trabajos en sus institutos por medio de cables telegráficos, hasta lograr precisiones que rondaban las décimas de segundo en algunos casos, buscando ensamblar tareas realizadas por personas diferentes en distintos momentos y lugares, con el intento de la misma época de coordinar las actividades de todo el territorio nacional. No obstante, la otra cara de la misma cuestión es dirimir cuánto tuvo que ver la continua transformación de los procesos de trabajo en el mundo industrial y las transformaciones geopolíticas del siglo XIX, con esa obsesión de los científicos por la medición de actividades disímiles. Este sería un primer problema de análisis de la historiografía de la astronomía, donde convergen tópicos de la historia de las transformaciones del mundo laboral como el de la incorporación de máquinas e instrumentos - y cómo eso hace cambiar los ritmos de trabajo - con otros temas de la historia de la construcción de los objetos científicos, por caso la construcción de la “ecuación personal” como objeto científico. (Autor, 2013)

Por otro lado, está el segundo eje de análisis propuesto enfocado en el ámbito del territorio nacional. En este caso se relacionan las disposiciones legales estableciendo la unidad horaria de la Nación, la tecnología telegráfica y las diversas propuestas de unificación administrativa en la construcción del Estado. En la misma época en que ese objeto científico la “ecuación personal” se construía en el observatorio de Córdoba aparecía en Argentina un discurso sobre la necesidad de cronometrar al unísono todas las actividades del territorio nacional. Y estos discursos estaban vinculados al desarrollo de ciertas tecnologías del transporte y la comunicación.

El telégrafo ponía de manifiesto algo que ya se sabía: hacer algo “al mismo tiempo” no quería decir hacer algo a la misma hora, porque eso dependía de en qué meridiano nos encontrásemos. Pero no era sólo que el telégrafo pusiera de relieve esta diferencia sino que hizo posible que ese “al mismo tiempo” cobrara sentido: lleguemos al mismo tiempo a nuestras

oficinas telegráficas para una conferencia telegráfica, tan sólo por empezar. Así la coordinación de tareas distantes requería un acuerdo sobre como sincronizar las horas locales. Asimismo, las vías del tren con sus líneas telegráficas transportaban la hora de la estación cabecera a las demás estaciones, cuestión que si bien sincronizaba las horas a lo largo de la vía férrea, generaba que en algunas provincias los barrios de las estaciones tuvieran una hora mientras el resto de la provincia otra. Alegando este tipo de cuestiones en 1894 se impulsa y aprueba un decreto de unificación horaria del territorio argentino. Este decreto forma parte de la historia de la construcción del Estado en la Argentina junto a otras medidas como la unificación aduanera, de pesos y medidas y la delimitación de las fronteras nacionales (Carrasco, 1893; Autor, 2014)

Recordemos que en 1894, cuando el Poder Ejecutivo Nacional estableció la hora unificada para todo el territorio argentino, lo hizo con relación a la hora dictada por el Observatorio de Córdoba. Para entender la vinculación que proponemos con las tareas de sincronización en los observatorios astronómicos, deben resaltarse algunas determinaciones concretas de esta historia: los directores de estos espacios en todo el mundo jugaban algún papel en las tramas sociales que intentaban coordinar las horas en los diversos territorios nacionales, y no casualmente, sino porque fueron de los primeros que aprovecharon la tecnología telegráfica para coordinar trabajos distantes. Por lo mismo en las discusiones argentinas sobre la hora nacional se hacían referencias constantes a astrónomos franceses que ya estaban preocupados con la distribución de una hora unificada e intervenían los directores de los observatorios astronómicos que, desde el momento de su fundación, estuvieron encargados de determinar las longitudes terrestres y las horas locales, enviando señales horarias todos los días por las líneas telegráficas nacionales o cada vez que lo pedían los jefes de comisiones de límites o los capitanes de buques en los puertos particulares. Entonces en las redes sociales de estas dos historias que señalamos - en el observatorio (construyendo la ecuación personal) y en el territorio nacional (estableciendo la hora unificada) - están los mismos personajes y esto es lo que hace que las preguntas que se realizan tengan consistencia.

Preguntas sin cierre

Ahora bien, la cuestión de la que partimos era la pregunta sobre cómo está ligado este problema de sincronización de las tareas al interior del observatorio con la historia de sincronización del territorio nacional. Si tuvieran alguna relación esto atañe también a la construcción de un objeto científico que estaría determinado por, o bien determinaría, una serie de transformaciones sociales que hacían que el sentido del paso del tiempo cambie en la percepción de los contemporáneos. En otras palabras la pregunta que abre este esbozo de análisis es: ¿Cómo lo que ocurría en el trabajo científico, asociado a otras transformaciones en el mundo del trabajo hacían que se redimensionen los discursos sobre la necesidad de establecer una hora unificada en el territorio nacional y/o qué relaciones pueden establecerse en el sentido inverso?

Estas preguntas que suponen abrir problemas de tinte epistemológico sobre cómo se coconstruyen los objetos científicos junto a otras transformaciones de la historia social, se

resuelven con investigación histórica. En palabras de la epistemología histórica se trata de analizar cómo “emergen” como objetos científicos estos problemas desde los objetos e ideas de la vida cotidiana. Y por otro lado como esos objetos se resignifican luego en la historia de las nociones del sentido común.

No son casuales ciertos ingredientes que se encuentran en ambos trazos de la historia, y tampoco las coincidencias en cómo estas preguntas se van desarrollando en uno y otro caso (ecuación personal-unificación horaria). Digamos que en ambas historias aparecen discursos que apuntaban a solucionar los meollos conflictivos a través del control de la medición del tiempo que trascurría al modo newtoniano como parámetro exterior y regular y que podía ser medido con tecnologías específicas y comunicado entre diferentes actores.

Por otro lado, en ninguno de los dos casos eso se consigue, es decir, en el observatorio de Córdoba no hay sincronización de las actividades que salve el problema de la “ecuación personal” y en el territorio nacional la hora unificada se impone en la práctica sólo décadas después de dictada la ley de unificación. Sin embargo ni la producción nacional ni la producción al interior del observatorio parece haber sufrido grandes consecuencias por esta falta de sincronicidad de las actividades, es decir, se diluye la urgencia alegada en ambos niveles a pesar de que se disponían sucesivas medidas para sincronizar las actividades. Digamos que en ambos niveles se encuentra una exageración en la premura por coordinar el ritmo de las actividades, así como en los discursos que muestran el caos que resultaría de no poder hacerlo. Podemos hipotetizar que este tipo de estudios, no sólo en la Argentina sino en todo el mundo, ayudarán a dar cuenta de cómo la noción de tiempo como absoluto prevalecerá aún con el avance de las nuevas tecnologías de medición del tiempo, en parte ligada a que las situaciones generadas por la falta de coordinación temporal no eran apremiantes, a pesar del carácter de urgencia de los discursos que bregaban por sincronizar las actividades.

Cuando miramos al observatorio vemos que aunque se realizan muchas operaciones, se reorganizan procesos de trabajo y se incorporan diversas máquinas e instrumentos con la idea de coordinar temporalmente los trabajos, estos nunca terminan de coordinarse en los términos deseados por quienes impulsan esas acciones. Los errores vuelven a aparecer escapando a la idea de que alcanzaba con ciertas innovaciones tecnológicas y organizacionales. Cuando se incorpora en cronógrafo para medir el paso del tiempo el error reaparece bajo otra forma y siguen habiendo registros que no coinciden sobre en qué momento una estrella determinada estaba pasando por el meridiano local. Vale aclarar que esta dificultad por resolver los problemas de la sincronicidad, no implicó una baja en la calidad de la producción de ciencia, que seguía realizándose con estándares internacionales. Más aún, los problemas para cronometrar los trabajos de los observatorios afloraban no sólo en la Argentina sino en los observatorios que estaban a la cabeza de la producción astronómica internacional. Al interior de los observatorios mundiales ocurría algo parecido a lo que se verificaba en el territorio nacional, en el sentido de que abundaban fuentes y discursos apelando a la coordinación de las actividades sin que ello suponga en sí mismo ni que ese era un problema realmente apremiante para la producción

nacional o del observatorio, ni que se pudiera resolver de manera inmediata

En el territorio nacional pasaba lo mismo, la sincronización no se lograba pese a los ánimos por imponerla. Por ejemplo, con la idea de coordinar acciones distantes, el ejército intenta, por lo menos desde que Alsina es ministro de Guerra, colaborar en la instalación de postes telegráficos para poder así facilitar estrategias de acción contra los indios. Lo que se ve en las fuentes es la enorme esperanza de Alsina y luego de los hombres de Roca en esta posibilidad técnica como arma en la lucha contra el indio. No obstante, años después vemos las líneas interrumpidas constantemente, entre otras cosas, porque a los indios les resultaba mucho más fácil tirar abajo un poste telegráfico que andar persiguiendo a chasquis y baqueanos por las extensiones del Chaco o la Patagonia. (Autor, 2014) Por otro lado, en las líneas nacionales la coordinación de las actividades para las que se reclamaba la hora unificada se mostraba dependiente del buen funcionamiento, tanto técnico como organizativo de las líneas telegráficas y en los informes se suceden las quejas y reclamos respecto a las mismas.

Pese a estas dificultades, lo específico de ese momento es que los discursos sobre la cronometrización efectivamente empiezan a proliferar de la mano de los discursos sobre las estandarizaciones de medidas y sobre el impulso de la unidad nacional. Entonces tenemos un cuerpo de fuentes documentales que para la misma época están dando cuenta de cómo cobra relevancia el problema de la sincronización de las actividades al interior de las unidades productivas y en la extensión del territorio nacional. En qué sentido se combinan la necesidad de coordinar con precisión trabajos y actividades de los observatorios con las ideas políticas que giran en torno a la unificación horaria del estado nacional es un campo de investigación todavía abierto.

Bibliografía

- ARAGO, F.(1853) “note sur un moyen tres-simple de saffranchir des erreures personnelles dans les observations des passages au meridien”, *Comptes rendus des séances de l’Académie des sciences* 36, citado en Canales, J.(2009) *A tenth of a second: a history*, The University of Chicago Press, Chicago, p.31.
- BARTKLY, I (2000) *Selling the true time. Nineteenth-Century Timekeeping in America*, Stanford University Press, Stanford.
- CANALES, J.(2009) *A tenth of a second: a history*, The University of Chicago Press, Chicago
- CARRASCO, G.(1893), *La unidad horaria en la República*, Rosario, Peuser.
- CHAPMAN, -, (1983) “The accuracy of angular measuring instruments used in astronomy between 1500 and 1850”, *Journal for the History of Astronomy*, Vol 14, pp. 133-137.
- CROSBY, A. (1997), *The Measurement of Reality*, Cambridge University Press, Cambridge, 1997.
- DOHRN-VAN ROSSUM, G.(1996). *History of the Hour. Clocks and Modern Temporal Orders*, Chicago y Londres: The University of Chicago Press.
- GALISON, P. (2003). *Relojes de Einstein, mapas de Poincaré. Los imperios del tiempo*, Crítica,

Barcelona.

- MARSHALL, A, (2001) *The eighteenth century*, Oxford University Press, Oxford, England.
Nº 84, 1896, pp. 170-171
- PALAU BAQUERO, M,(1987) “Expediciones científicas en América en el siglo XVIII”,
Astronomía y cartografía del siglo XVIII y XIX, Observatorio Astronómico Nacional, Madrid.
- RIEZNIK, M (2013) “The Córdoba Observatory and the history of the ‘personal equation’
(1871-1886)” en *Journal for the History of Astronomy*, Vol 44, Issue 3, 277-302
- RIEZNIK, M (2014) “Velocidad telegráfica y coordinación horaria en la Argentina (1875-
1913)” en *Boletín del Instituto de Historia Argentina y Americana. Dr Emilio Ravignani*,
nº40, 2014, 42-72
- ROGERS, A.(1883), “The German Survey of the Northern Heavens”, *Science*, Vol 2, Nº 29,
pp. 229-237
- SAFFORD, T. H.,(1896) “The Psychology of the Personal Equation”, *Science*, New Series,
Vo.4,
- SCHAFFER, S. (1994), “Babbage’s Intelligence: Calculating Engines and the Factory
System”, *Critical Inquiry*, Vol. 21, No. 1, pp. 203-227
- STAUBERMANN, K.B.,(2001) “Making stars: projection culture in nineteenth-century
German astronomy” *The British Journal for the History of Science*, v.34 Part 4 No
123, pp.439-451.
- WELCH, KENNETH (1972), *Time Measurement. An Introductory History*, David &
Charles. Newton, Great Britain

Aspectos epistemológicos e históricos de la precisión en las mediciones en física

*Víctor Rodríguez **, *Pedro W. Lamberti †*

Este trabajo pretende focalizarse en la dinámica de las mediciones de alta precisión en el ámbito de la metrología contemporánea y de la física experimental. El enfoque se realiza bajo la hipótesis de que la evolución de las mismas conlleva un conjunto de cuestiones conceptuales y de prácticas experimentales que ofrecen un amplio abanico de temas de interés para la consideración epistemológica. Como ha sido dicho con frecuencia, con mejores instrumentos para medir, uno puede ver donde nadie ha visto, es decir, esta acción lleva el germen de nuevos conocimientos. Lo interesante, desde nuestro punto de vista, es que las prácticas de medir enriquecen la epistemología de la experimentación con matices propios de la vida de los laboratorios. En particular, entendemos que actualmente se asiste a un despliegue artesanal extraordinario en el ámbito de los laboratorios especializados alrededor del mundo. Ello constituye un arma de doble filo. Por un lado, refuerza claramente la presencia de la tecnología en las investigaciones y aplicaciones, pero por otra parte, contribuye a ocultar el alcance filosófico de las nuevas maneras de caracterizar algunos fenómenos físicos y químicos a la luz de estas prácticas y de estos nuevos instrumentos. En ellos, la creatividad al servicio de la artesanía y la invención en el campo de la medición eclipsan un modo tradicional de interpretar los procedimientos de medir.

Por razones de la extensión del trabajo, se eligen para este artículo solamente las mediciones del tiempo o, dicho de otro modo, de las frecuencias, entendiendo que ellas constituyen actualmente el ejemplo más significativo de las mediciones de alta precisión. Como es sabido, dadas las cualidades comparativas de medir frecuencias, se ha considerado conveniente a nivel de la comunidad metrológica internacional transformar otras cantidades, como el voltaje o la longitud, en frecuencias. Al respecto, Hänsch (2006) cita a un colega diciendo a sus estudiantes; “no midan otra cosa que frecuencias”. Una de las razones de este protagonismo es que medir frecuencias es contar números de ciclos dado un intervalo temporal y esa operación de contar es en muchos casos más operativa y fácil de realizar que otras operaciones físicas, como por ejemplo, desplazar algo. Por otra parte, este proceso digital es más inmune a muchas fuentes de ruido. El campo mencionado, como varios ámbitos de la física experimental en este dominio, es de bastante difícil acceso, fundamentalmente debido a la jerga especializada de términos técnicos que ha ido generando y a la sutileza de las prácticas involucradas. Sin embargo, en la siguiente sección, haremos un rápido repaso de la evolución de la medición del tiempo en los últimos 60 años. Veremos allí el caso de la atto-física, que se refiere, en el sector de mediciones temporales, a mediciones en el dominio de 10^{-18} segundos. Estas fracciones están demasiado

* Universidad Nacional de Córdoba

† Universidad Nacional de Córdoba y CONICET

lejos de nuestra vida cotidiana como para poder establecer comparaciones razonables. Pero hay que recordar que 10^{-3} segundos es una milésima de segundo y aún esa medición se halla en los límites de nuestra experiencia cotidiana. El salto hasta 10^{-15} o 10^{-18} es gigantesco, y sin embargo es alcanzado por algunas tecnologías de frontera. La imagen científica del mundo no sólo está formada por interpretaciones de teorías especulativas, sino también por prácticas estrafalarias en el seno de los laboratorios. A modo de ejemplo, vale destacar el campo de las constantes naturales consideradas importantes en nuestra descripción del mundo físico. Allí, cada nuevo dígito obtenido puede significar una nueva física. La precisión de las mediciones puede permitir obtener mayor estabilidad en los procesos o visualizar la presencia de ligeros cambios en los mismos. Más allá de las teorías altamente competentes de la física, vivimos en ella gracias a una suerte de esqueleto óseo provisto por el valor de ciertas constantes. Ellas son las que permiten ajustar ciertas estrategias comparativas a valores numéricos dentro del arte de medir.

Cuando se leen los trabajos actuales en el campo de la física mencionada, primero, impresiona el alto nivel técnico involucrado; segundo, el lenguaje especializado, que no es de acceso directo; tercero, el manejo de la óptica no lineal; cuarto, la materia y su interacción con la radiación en varias longitudes de onda juegan un rol protagónico principal; quinto, el láser es la niña mimada de la metrología aplicada en este nivel. Naturalmente, podrían agregarse varias caracterizaciones adicionales.

Un segundo recorte que se hace aquí, es la focalización en la zona correspondiente a la transición entre la femto física y la atto física. Esto es, entre 10^{-15} segundos y 10^{-18} segundos. La razón principal para ello es que en la primera región existe una física considerablemente asentada y robusta, mientras que en la segunda, todavía se observa un panorama exploratorio de gran investigación experimental, pero en sus comienzos. Hay que recordar que hace alrededor de tres décadas que se logran producir pulsos de láser muy intensos del orden del femto segundo. Esta situación cambió el perfil del arte de medir y también influyó sobre el esquema conceptual asociado a él. La aparición de fenómenos no lineales fue quizás una de sus principales consecuencias.

Considerando la transición mencionada desde la femto-física a la atto-física, siguiendo a uno de los principales referentes sobre el tema, Corkum (2007), la estrategia consistió en lanzar pulsos de femto-segundos sobre un gas, originándose armónicos altos de la frecuencia láser. Aquí se consideraron varios procesos: la ionización por efecto túnel, la aceleración del grupo electrónico y la re-colisión de electrones y iones. En el primer caso, el electrón, gracias al efecto túnel, cruza la barrera de potencial producida por la carga del ión, conjuntamente con el campo eléctrico del láser. El efecto túnel da la probabilidad de ionización en un ciclo de la oscilación. Es de señalar que este último concepto es relevante aquí porque estamos interesados en las mediciones de frecuencias. En el segundo caso, el grupo de electrones gana energía cinética del campo eléctrico. Una cantidad de energía cinética dará otra relacionada con la energía de los fotones en el pulso emitido de estos últimos en atto- segundos. En el tercer caso, el de la re-colisión, la energía cinética, la amplitud y la fase del grupo electrónico pasan al pulso del fotón. Aquí lo que sucede es que, al controlar la fase del pulso óptico de femto-segundos, puede

controlarse la fase, la energía cinética y la amplitud del pulso producido en atto-segundos. Hasta donde es posible apreciar esta artesanía, al conocimiento de los fenómenos en femto-segundos, se suma un conjunto particular de condiciones especiales, producto de ensayos exploratorios, de invenciones de diseños de experimentos, o simplemente de una dosis de creatividad, para dar lugar a la aparición y detección de fenómenos más pequeños. Esta dinámica es extraordinaria, tanto desde el punto de vista teórico como desde los laboratorios, construyendo una dinámica de acceso al nano-mundo que habilita para hacer ejercicios conceptuales de reduccionismo. Un ejemplo de esto es la posibilidad de analizar los movimientos de los electrones en moléculas, con el consiguiente cambio en la noción de representación asociada con ellos. Por otra parte, también se ha producido un cambio de perspectiva en relación con la tecnología involucrada. Se trata de algo muy diferente a lo que se obtiene en el ámbito de los femto-segundos, en donde, por amplificación de luz coherente y técnicas no-lineales asociadas con el láser, la metrología y las prácticas experimentales brindaron un abanico de posibilidades para el desarrollo de tecnologías. Aquí hay un cierto consenso sobre una diferencia actual entre femto-física y atto-física, ya que no parece fácil obtener fuentes estables de atto-pulsos.

A esta altura de la aproximación que intentamos realizar al tema, es conveniente dedicar un párrafo a la evolución del láser. No se pretende intentar reiterar aquí la descripción de este tópico, ya que sobran los libros dedicados al tema. Simplemente, cabe destacar que desde hace varias décadas se vienen obteniendo resultados que son producto de nuevas estrategias, las que a su vez se transformaron en mojonos para desarrollos posteriores. Según cuenta F. Major (1998), en la primera conferencia internacional, en 1959, en la que se presentaron trabajos sobre máseres ópticos, el tópico principal no fue el láser, sino el método del bombeo óptico para observar resonancia magnética en átomos libres. Lo curioso es que la sesión dedicada a los láseres fue una sesión de misceláneas. El contraste con la época actual no puede ser mayor. Entre estos extremos, la técnica de acoplamiento de pulsos, que permite sintonizar las fases de los modos de la cavidad láser, permitió el acceso a pulsos en el rango de los pico-segundos (10^{-12}) y luego de femto-segundos; posteriormente, con láseres de estado sólido, se obtuvieron pulsos muy estables de algunos femto-segundos. Conviene detenerse aquí por un momento para ponderar esta dinámica. Lo llamativo de todos estos procesos es que parecen dejar en claro hasta dónde se puede llegar usándolos; esto es, asumir la evidencia de límites fundamentales para una metodología y practica dadas. Hasta ahora, esta historia sugiere que cada nuevo avance es consecuencia de un nuevo ejercicio de imaginación en el entorno de los procesos físicos que están presentes. Por ejemplo, el modo de producir pulsos más cortos (y por lo tanto, de una mayor frecuencia) impulsó la necesidad de construir fuentes de longitudes de onda más cortas y ello condujo al tratamiento en los límites de los procesos no lineales. Así apareció lo que se ha llamado la generación de armónicos altos; dicho sea de paso, por un mecanismo similar al mencionado arriba, asociado con Corkum.

A modo de síntesis, consideramos que el párrafo siguiente enuncia con total claridad este ámbito de fenómenos¹:

“la tecnología de los atto-segundos es un distanciamiento radical de toda la tecnología óptica (y de colisión) que la precedió. Funde la óptica física con la física de colisiones. La tecnología abre problemas importantes en cada área de la ciencia para el estudio por medio de métodos previamente inaccesibles. Subyacente a la tecnología de los atto-segundos está un campo intenso [de radiación] láser. Este extrae un electrón de un átomo o molécula ... El electrón es tirado afuera de su ión asociado, y conducido hacia atrás luego de que el campo se revierte. El electrón puede entonces re-colisionar con su ión asociado. Debido a que el electrón re-colisionante tiene una longitud de onda de aproximadamente un Angström, podemos medir las dimensiones espaciales al Angström. Debido a que el campo fuerte dependiente del tiempo del pulso de luz direcciona al electrón con precisión de un subciclo, podemos controlar y medir fenómenos en atto-segundos” (Levesque – Corkum, 2006).

Algunos hitos en la medición precisa del tiempo:

Los relojes atómicos fueron inventados a mediados del siglo pasado. La disponibilidad de este tipo de dispositivos permitió la redefinición del *segundo* en término de la frecuencia hiperfina del átomo de Cesio (Cs). El *metro*, introducido en 1793 como la diez millonésima parte del largo del cuadrante sobre el meridiano que pasa por París, sufrió varias redefiniciones a la luz de la accesibilidad a nuevas tecnologías. Finalmente, como ya fue dicho, el metro terminó siendo una unidad derivada. El principal desarrollo tecnológico asociado con este cambio de rol del metro, fue el láser. Se observó que los láseres podían estabilizarse sobre ciertas transiciones moleculares de modo de lograr una estabilidad en frecuencia, por encima de 1 parte en 10^{10} . En los años 70 del siglo pasado se desarrollaron métodos para comparar la frecuencia de un láser con la frecuencia de reloj atómico. Esto permitió medir la velocidad de la luz (c) con muy alta precisión: multiplicando la frecuencia por la longitud de onda del láser, se obtiene el valor de la velocidad de la luz. Las características espectrales de la radiación usada, impusieron limitaciones en la precisión en c a 4 partes en 10^9 . No solo las asimetrías en el espectro ponen límite a este modo de medir c , sino también las limitaciones ópticas en la realización experimental del metro (límite de difracción). De las tres cantidades, el metro, el segundo y la velocidad de la luz, sólo dos pueden definirse de manera independiente. En la elección, se optó por tomar al metro como la cantidad derivada. Así fue que en 1983 se decretó que la velocidad de la luz es igual a 299.792.458 m/s. Y el metro se tomó como la fracción de distancia que la luz recorre en un segundo. Con esta nueva definición el modo más preciso de encontrar la longitud de onda λ de la luz proveniente de un láser, es medir su frecuencia f y usar la expresión $\lambda = c/f$. La dificultad en este esquema radica entonces en medir la frecuencia con alta precisión. La solución a este problema provino de un dispositivo conocido como *peine de frecuencia*. Sin entrar en demasiados detalles un peine de frecuencias consiste en un láser, que funciona como un oscilador local, en resonancia con una transición atómica. Una señal correctiva es derivada de la espectroscopia atómica, la cual es retro-alimentada al láser. Un sintetizador que trabaja a frecuencia óptica - peine óptico de frecuencia - es usado para dividir la frecuencia óptica a señales cuantificables en el rango de micro-ondas o radio frecuencias. El trabajar con frecuencias ópticas, permite lograr dos aspectos fundamentales de un buen

reloj; estabilidad e incertidumbre. Para entender mejor estas características, reconsideremos el elemento temporizador en un reloj atómico: la frecuencia de una transición entre niveles de energía de un átomo o un ión. La precisión de la medición del reloj es proporcional al tamaño de la frecuencia de transición, suponiendo que la capacidad para medir la frecuencia se mantiene. Debido a que las frecuencias ópticas son más altas que las frecuencias de microondas por un factor de 10^5 , los relojes ópticos tienen el potencial de ser enormemente más precisos que los relojes de Cs.

Consideraciones finales

El disponer de relojes cada vez más precisos y estables conlleva a nuevos problemas e implicancias fundamentales. Uno de estos problemas tiene que ver con la idea de sincronización de relojes. El acceder a este nivel de precisión introduce una variedad de efectos a ser tenidos en cuenta. Recientemente dos grupos de trabajo, uno encabezado por T. Rosenband (2008) y otro a cargo de A.D. Ludlow (2008) compararon dos relojes (uno que usaba iones de Al y el otro iones de Hg) y midieron la relación de frecuencias de los dos relojes a una incerteza de $5,2 \times 10^{-17}$. Esta es una de las mediciones más precisas realizada en física hasta la fecha. Al realizar estas mediciones nos aproximamos tanto como se puede a las limitaciones que impone la mecánica cuántica. Cuando se logra tal nivel de precisión, se debe tomar en cuenta efectos cada vez más sutiles. Por ejemplo se deben considerar pequeñas contribuciones de 1×10^{-18} debidas a la incerteza en el potencial gravitatorio de los dos relojes (claramente debido a efectos relativistas).

Aun cuando hemos considerado solamente un tipo de medición, no escapa a la consideración general que los avances en la metrología están produciendo nuevas aproximaciones conceptuales en el desarrollo de la física. Desde nuestro punto de vista, también hemos podido detectar que esta dinámica incide sobre aspectos básicos, como por ejemplo el estudio de la constancia de las constantes de la naturaleza. Otro ámbito espectacular es el relacionado con las mediciones precisas en Electrodinámica Cuántica (QED). Los átomos son sistemas esencialmente descritos por la QED. En particular, debido a sus espectros simples, ciertos átomos han sido eficientemente usados para la medición precisa de cantidades muy significativas dentro de la física, como el factor giro-magnético del electrón, o la constante de estructura fina, entre otras.

Las consideraciones anteriores nos permiten concluir que la metrología es un campo extremadamente rico para la reflexión epistemológica. En él, muchas veces sucede que los términos teóricos de la física, al igual que las olas frente a la arena y las rocas de ciertas costas marítimas, deben detener su marcha y acusar la metamorfosis que les produce el arte de medir.

Notas

1. La traducción del inglés es nuestra

Bibliografía

- CORKUM P., KRAUSZ F. (2007): Attosecond science. *Nature Physics* Vol. 3, June, 381-387.
- HÄNSCH T. (2006): Nobel Lecture: Passion for precision. *Reviews of Modern Physics*, Vol 78, Oct.-Dec., 1297-1309.
- HENTSCHEL M. ET AL (2001): Attosecond metrology. *Nature* Vol. 414, 29 Nov., 509-513.
- LEVESQUE J., CORKUM P. (2006): Attosecond science and technology. *Can. J. Phys.* 84; 1-18.
- LUDLOW A.D. ET. AL. (2008): Sr Lattice Clock at 1×10^{-16} Fractional Uncertainty by Remote Optical Evaluation with a Ca Clock . *Science* 319, 1805-1808.
- MAJOR F. G. (1998): *The Quantum Beat. The Physical Principles of Atomic Clocks*. Springer-Verlag, New York.
- ROSENBAND T. ET. AL. (2008): Frequency Ratio of Al⁺ and Hg⁺ Single-Ion Optical Clocks; Metrology at the 17th Decimal Place. *Science* 319, 1808-1812.

La deriva genética como fuerza evolutiva

Ariel Jonathan Roffé

1. Introducción

En su influyente libro de 1984, Elliot Sober introduce una analogía entre la mecánica clásica (MC en adelante) y genética de poblaciones¹ (GP en adelante). Esta analogía se funda en una supuesta similaridad explicativa entre ambas, ya que ambas darían cuenta de sus *explanandum* —las aceleraciones de partículas y los cambios en las frecuencias alélicas y genotípicas en poblaciones biológicas— partiendo de una ley de fuerzas cero —la ley de inercia y la ley Hardy-Weinberg (H-W en adelante) respectivamente— y una serie de fuerzas que alteran de diversas maneras el estado de equilibrio caracterizado por dicha ley, dentro de las cuales Sober incluye a la mutación, la migración, la selección y *la deriva*. Al igual que las fuerzas en MC, estas contendrían una dirección y una intensidad, y podrían componerse entre sí— pudiendo de ese modo hablarse de cosas como el “balance” entre la mutación y la selección—.

La adecuación de esta analogía fue criticada desde diversos frentes. Algunos argumentan que estas “fuerzas” no son verdaderas *causas* de la evolución (como sí lo serían las fuerzas en MC) sino meros parámetros estadísticos que sirven para representar de manera sintética a las fuerzas que operarían en niveles inferiores al poblacional —por ejemplo, en el nivel individual— (Walsh, Lewens & Ariew, 2002; Matthen & Ariew, 2002). El tipo de objeción que quiero considerar aquí acepta el marco general de la analogía, pero discute el estatus de la deriva como fuerza. Podemos encontrar aquí a Brandon (2006) y McShea y Brandon (2010). Estos autores brindan dos argumentos para sostener que la deriva no debe ser considerada una fuerza. En primer lugar, sostienen que la deriva no es una probabilidad “impuesta” sobre los procesos de muestreo sino que es “constitutiva” de los mismos; En segundo, argumentan que —a diferencia de las demás fuerzas evolutivas— la deriva no tiene una dirección predecible *a priori*. El segundo argumento fue tratado en otra ocasión (cita al Autor); me centraré en cambio en el examen del primer argumento.

Antes de pasar a ello, cabe resaltar que la posición de Brandon y McShea tiene otras consecuencias importantes para la analogía de Sober, que van más allá del estatus de la deriva como fuerza. Por ejemplo, si esta no lo es, entonces no debe cancelársela al considerar el estado de fuerzas cero (es decir, en el estado de fuerzas cero debería poder ocurrir la deriva). Y por lo tanto, el equilibrio H-W, que hace precisamente eso (cancelar la deriva fijando el tamaño poblacional en infinito) no puede ser la ley de fuerzas cero de la GP. En su lugar, McShea y Brandon (2010) proponen otra ley, que denominan ZFEL (por ‘*zero force evolutionary law*’), la cual predeciría —*ceteris paribus*—, no un equilibrio estable, sino un aumento en la diversidad

* Universidad de Buenos Aires

y la complejidad en todos los niveles de organización biológica. Tampoco me ocuparé aquí de examinar si este sustituto para H-W en la analogía es correcto o no.

2. Factores “constitutivos” e “impuestos”, y procesos de muestreo

No es claro cómo debe entenderse esta distinción de McShea y Brandon entre factores “constitutivos” e “impuestos”. Para elucidarla, considero que es necesario exponer con algo más de detalle en qué consiste la analogía de Sober.

Como fue dicho, la GP modela las transiciones entre las distribuciones de genotipos u alelotipos de una población biológica a lo largo del tiempo. Dada una distribución de alelotipos de una población en una generación n (y en un momento dado, p. e. en el nacimiento) una de las cosas que los genetistas de poblaciones se preguntan es cuál será dicha distribución en el mismo momento de la generación siguiente². Para lograr esto apelan a la noción estadística de *proceso de muestreo*.

Considérese el siguiente ejemplo (tomado de Ridley, 2004, con elaboración propia). Supóngase, entre otras cosas, que una población biológica (1) se reproduce sexualmente; (2) hay en ella un locus con dos alelos A y a ; (3) no hay selección natural operando sobre ese *locus*, ni entre individuos ni entre gametas —es decir, los individuos con genotipos AA , Aa y aa sobreviven por igual a la madurez reproductiva, y no hay diferencias en la probabilidad con la que una gameta de un tipo u otro resulta en una fertilización—; (4) no hay migración ni mutación; y (5) la población es infinita, con lo cual no ocurren errores de muestreo (deriva genética). Bajo todos esos supuestos, la GP modela a la transición de una generación a otra como un muestreo azaroso entre pares de gametas generadas por los miembros de la población adulta, tal como ocurriría en un caso de fertilización externa. Algunas de esas gametas serán de tipo A (supongamos que esas tienen frecuencia p), mientras que otras de a (con frecuencia $q = 1 - p$). La probabilidad de muestrear 2 alelos A juntos —de obtener un homocigoto A — es igual a $P(\text{muestrear } A) \times P(\text{muestrear } A) = p \times p = p^2$. Del mismo modo, la probabilidad de muestrear 2 alelos a juntos es $q \times q = q^2$. La probabilidad de muestrear un A y un a (en cualquier orden) —es decir, de obtener un heterocigoto— es $2pq$, ya que es igual a la probabilidad de muestrear primero un A y luego un a , sumada a la probabilidad de muestrear primero un a y luego un A . Visualmente, esto puede apreciarse en un cuadro de doble entrada:

	A	a
A	p^2	pq
a	pq	q^2

Dado que la población en ambas generaciones (la parental y la filial) es infinita, y por tanto que los errores de muestreo no ocurren, entonces esas serán las frecuencias para cada uno de esos

genotipos en la generación filial. A su vez, las frecuencias de alelotipos se mantendrán idénticas. Sea p' la frecuencia de A en la generación filial, $p' = p^2 + \frac{1}{2} \times 2pq = p(p+q) = p$. Si además se mantienen los supuestos (1) a (5), en las generaciones subsiguientes las frecuencias de genotipos se mantendrán idénticas a partir de la segunda generación (dado que el proceso se repite tal como fue descrito hasta aquí). Este resultado es el que se conoce como el “equilibrio Hardy-Weinberg”.

Nótese que en los supuestos (3) a (5) lo que se hace es fijar en cero a todo aquello que Sober consideraba una fuerza evolutiva en su analogía. Es decir, el hecho de que H-W sea caracterizado por él como la Ley de fuerzas cero no es un mero capricho suyo, sino que se sigue justamente de que la GP explique apelando a estos procesos de muestreo, sumado a que las frecuencias H-W se deducen de fijar a los factores evolutivos en cero (al igual que la ley de Inercia se sigue de fijar a la fuerza neta actuando sobre la partícula en cero).

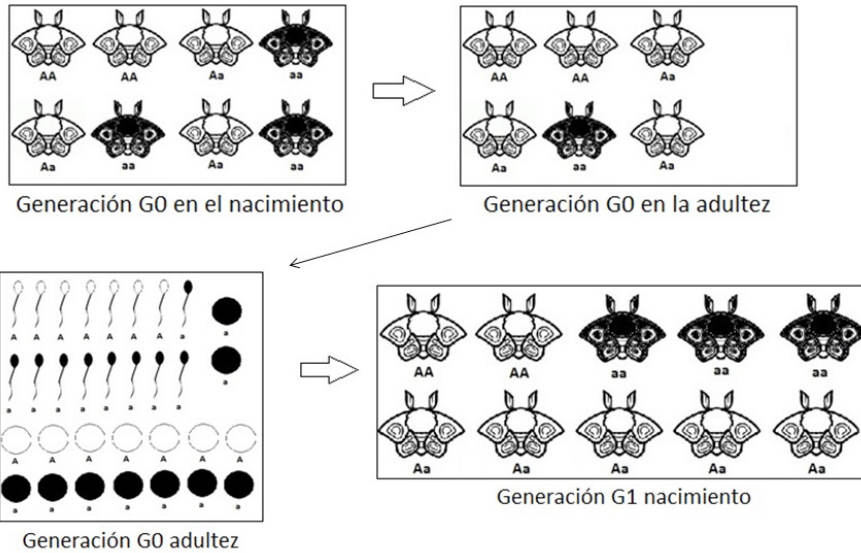
Veamos a continuación que ocurre cuando se cancela uno de esos supuestos. Supóngase entonces —para poner un ejemplo sencillo— que el genotipo aa tiene una desventaja selectiva, teniendo una probabilidad s de no sobrevivir a la adultez (donde s es llamado el “coeficiente de selección” del genotipo aa), mientras que ambos genotipos AA y Aa sobreviven con probabilidad 1 a la adultez.

Las frecuencias adultas cambiarán ahora del siguiente modo:

Genotipo	AA	Aa	aa
Frecuencia nacimiento	J	K	L
Probabilidad de supervivencia a la adultez	1	1	1 - s
Frecuencia esperada en la adultez	$\frac{J}{1 - sL}$	$\frac{K}{1 - sL}$	$\frac{L(1 - s)}{1 - sL}$

Tras esto, pueden calcularse las frecuencias alelotípicas en la población adulta (llámense p^* y q^*) y aplicarse el procedimiento anterior, obteniendo para la generación filial las frecuencias genotípicas p^{*2} , $2p^*q^*$ y q^{*2} .

Puede notarse que lo que se hizo aquí es apelar a un segundo proceso de muestreo. Es decir, habría un primer muestreo entre individuos, en el cual estos sobreviven (son muestreados en la población adulta) con probabilidades distintas, y un segundo proceso en el cual sus gametas son muestreadas azarosamente. Si, por ejemplo, nuestra población fuese una población de polillas, el alelo A determinara al color de alas claro y a al color de alas oscuro, siendo A dominante sobre a , lo que ocurre en este modelo podría ilustrarse gráficamente del siguiente modo:



Teniendo en cuenta esta estructura explicativa que apela a dos procesos de muestreo, puede aclararse ahora la distinción de McShea y Brandon entre factores “constitutivos” y factores “impuestos”. Considérese el modo como podrían introducirse al modelo los demás factores evolutivos. Al igual que la selección, la migración y la mutación podrían introducirse por medio de la adición de coeficientes probabilísticos, análogos al coeficiente de selección, en alguno de los procesos de muestreo (el primero para la migración, el segundo para la mutación). Sin embargo, dado que la deriva genética no es más que los errores que ocurren en estos procesos de muestreo, no es necesario (ni tampoco suficiente) introducir un coeficiente probabilístico adicional para incorporarla al modelo, sino que basta con dejar de fijar el tamaño poblacional en infinito. Es decir, según la GP, la deriva (o más bien la posibilidad de la deriva) ocurre necesariamente en toda población finita, por el mero hecho de que las transiciones generacionales se modelen apelando a procesos de muestreo. Es en ese sentido que la deriva es “constitutiva”, lo es en tanto noción de “error de muestreo” es constitutiva a la de “proceso de muestreo”. No es necesario agregarle o imponerle a la GP ningún coeficiente probabilístico adicional para incorporar el tratamiento de la deriva.

En lo que sigue se precisa aun más a esta tesis, por medio de una reconstrucción formal de la GP. Esto permitirá, en la sección 4, evaluar de modo más adecuado al argumento de Brandon y McShea.

3. Una reconstrucción parcial de GP

Consideraciones previas

En esta sección se introduce una reconstrucción formal y parcial de GP. Es parcial porque no intenta capturar toda aplicación posible de esta teoría, sino sólo aquellas relevantes para mis propósitos en este artículo (i.e. dos alelos en un *locus*, sólo dos generaciones discretas, sin solapamiento de individuos, igual representación de machos y hembras, etc.). Para un intento de reconstrucción más general, puede verse Lorenzano (2014).

Algunas aclaraciones previas son las siguientes. Se utilizará el lenguaje de la teoría de conjuntos, por su ductilidad, aunque en una versión semiformal, para que el texto sea más legible. Las leyes de la teoría se presentarán como axiomas, sin embargo, no quiero comprometerme por ello con una metateoría clásica, sino que podría pensarse a estos axiomas como determinando una clase de modelos (con lo cual, podría hacerse una presentación adoptando la metateoría estructuralista, o cualquier otra que se desee). Además, en cuanto a terminología, utilizaré el término “alelotipo” para referirme al tipo (a o A) que tiene un alelo particular. El mismo uso haré con “genotipo” y “gen”, donde lo segundo será un par de alelos particulares (una entidad particular), mientras que lo primero será el tipo (AA , Aa o aa) que tiene ese gen. Por último, obviaré la cuestión de las relaciones de dominancia, y de la conexión entre genes y rasgos en general, manteniéndome en un plano puramente genético/genotípico. Puede considerarse que este es otro sentido en el que esta reconstrucción está incompleta.

Alelos y genes

Lo primero que introduciré es el dominio de aplicación de la teoría. Llamaré $AL_i = \{a_1, a_2, a_3, \dots\}$ al conjunto de los alelos presentes en la generación i . Dado que queremos evitar el solapamiento entre generaciones, introducimos el siguiente axioma:

Axioma 1: si $i \neq j$ entonces $AL_i \cap AL_j = \emptyset$

Los genes serán representados como pares de alelos $\{a_n, a_m\}$. Para ello, es necesario que el número de alelos presente en cada generación sea par. Por lo tanto,

Axioma 2: para todo i , $|AL_i| = 2k$, donde $|A|$ es la cardinalidad de A , y $k \in \mathbb{Z}$

Al conjunto de los genes presentes en la generación i lo denominaré entonces G_i , donde $G_i = \{\{a_n, a_m\}, \{a_q, a_r\}, \dots\}$. Deben introducirse algunos axiomas adicionales para regular el comportamiento de este conjunto,

Axioma 3: para todo i , $G_i = \{\{a_j, a_k\} / a_j \in AL_i \text{ y } a_k \in AL_i \text{ y } a_j \neq a_k\}$

Axioma 4:³ para todo $a_j \in AL_i$, existe un y sólo un $a_k \in AL_i$ tal que $\{a_j, a_k\} \in G_i$

El axioma 3 expresa que los genes de una generación son pares de alelos distintos de esa misma generación. Se utiliza la inclusión y no la igualdad porque no todo par de alelos posible constituirá un gen. En esa línea, el axioma 4 restringe a aquellos pares que pueden serlo, estableciendo que un mismo alelo no puede formar parte de dos genes distintos, y que todo alelo se encuentra dentro de al menos un gen⁴ (no hay alelos “suetos”).

Alelotipos y genotipos

Considérense a continuación los tipos. Llamaré $AT = \{TP_1, TP_2, \dots, TP_n\}$ al conjunto de todos los tipos posibles de alelos, es decir, al conjunto de los alelotipos. Como fue dicho, por simplicidad, me limitaré a dos tipos. Cada alelo estará relacionado con su tipo por medio de una función f , tal que $f : \bigcup\{AL_i / i \in Z\} \rightarrow AT$; es decir, la función relaciona a los alelos de todas las generaciones (ese es su dominio) con un tipo.

En cuanto a los genotipos, llamaremos GT al conjunto $\left\{ \left\{ TP_i, TP_k \right\} / TP_i \in AT \text{ y } TP_k \in AT \right\}$ (se utiliza ese conjunto en lugar de AT^2 ya que no deseamos tener orden, es decir, no deseamos que Aa y aA sean genotipos distintos) y tendremos una función g similar a f , tal que $g : \bigcup\{G_i / i \in Z\} \rightarrow GT$. Es necesario vincular el comportamiento de estas dos funciones de la siguiente manera:

Axioma 5: para todo j y todo k , $g(\{a_j, a_k\}) = \{f(a_j), f(a_k)\}$

Es decir, el tipo de un gen, es el conjunto de los tipos de sus alelos componentes.

Con este aparato técnico ya pueden introducirse algunas consideraciones interesantes que involucran a las frecuencias de genotipos y alelotipos en una generación dada. Para ello introduciré dos funciones diádicas $FrecAT$, y $FrecGT$, a las cuales se les suministra una generación y un alelotipo (o genotipo en el segundo caso) y devuelven su frecuencia. Para abreviar usaremos $FrecAT_i(TP_j)$ en lugar de $FrecAT(i, TP_j)$. Intuitivamente, queremos que $FrecAT_i(TP_j) =$ cantidad de alelos en AL_i que son del tipo j / cantidad de alelos total de AL_i . Para poder expresar esto formalmente, necesitamos definir otro conjunto, que llamaré $AL_iTP_j = \{a_k \in AL_i / f(a_k) = TP_j\}$; es decir, AL_iTP_j es el conjunto de los alelos tipo j presentes en la generación i . De este modo, definimos: $FrecAT_i(TP_j) = |AL_iTP_j| / |AL_i|$ (donde, recuérdese $|A|$ es la cardinalidad del conjunto A). De manera similar para genotipos, definimos $G_iTP_jTP_k$ como el conjunto $\{\{a_n, a_m\} \in G_i / g(\{a_n, a_m\}) = \{TP_j, TP_k\}\}$, y $FrecGT_i(\{TP_j, TP_k\}) = |G_iTP_jTP_k| / |G_i|$.

Llamaremos además $DistAL_i$ al conjunto que expresa la distribución de alelos en la generación i . Consistirá en un conjunto de pares ordenados, tal que cada alelotipo está asociado con su frecuencia; es decir, $DistAL_i = \{ \langle TP_n, m \rangle / TP_n \in AT \text{ y } m = FrecAL_i(TP_n) \}$. Una distribución de alelotipos muestra a cada tipo junto su frecuencia. Del mismo modo, una distribución de genotipos $DistG_i$ consistirá en un conjunto de pares que contienen un genotipo y su frecuencia, $DistG_i = \{ \langle \{TP_k, TP_j\}, m \rangle / TP_k \in AT \text{ y } TP_j \in AT \text{ y } FrecG_i(\{TP_k, TP_j\}) = m \}$. A partir de funciones como estas pueden definirse otras que también podrían ser interesantes, como el grado de homocigocidad en la generación (y por tanto, obviamente, de heterocigocidad), pero no entraré en ellas para no complicarme innecesariamente.

Procesos de muestreo

Como se mostró en la sección anterior, la GP modela a las transiciones generacionales a partir de dos procesos de muestreo. El primero de ellos parte del conjunto de los individuos en el nacimiento, y devuelve un conjunto de individuos adulto (al cual llamaremos G_{ic}). El proceso está afectado además (tiene como *inputs*) a ciertos coeficientes probabilísticos de selección, que

expresan —para cada uno de los genotipos— las probabilidades de no sobrevivir a la adultez. Para expresar formalmente todo eso utilizaré la siguiente notación (que no es del todo estricta). Llamaré SEL al conjunto $\{s_{i,k} / i \in \mathbb{Z} \text{ y } k \in \mathbb{Z}\}$; intuitivamente, $s_{n,m}$ representará al coeficiente de selección para el genotipo $\{TP_n, TP_m\}$. De este modo, podemos definir una función $Muest1(G_i, SEL) = G_{ic}$, donde Muest1 representa a un proceso de muestreo sin reemplazo en el que la probabilidad que tiene un individuo de tipo $\{TP_n, TP_m\}$ de ser muestreado es igual a $1 - s_{n,m}$.

El segundo proceso de muestreo va de este conjunto de genotipos adultos a un conjunto de genotipos infantiles para la generación siguiente. En principio puede expresárselo del siguiente modo: $Muest2(G_{ic}) = G_{i+1}$. Expresarlo de manera estricta resultaría un poco más complejo ya que este es un muestreo con reemplazo, pero en el cual los alelos que pasan a la generación siguiente no son los de la muestra, sino *copias* de ellos (alelos del mismo tipo, pero que son particulares distintos). De todos modos, para mis propósitos será suficiente con la presentación recién dada. El último axioma expresaría lo que puede llamarse la “ley fundamental” de la GP⁵:

Axioma 6: para toda generación i , $G_{i+1} = Muest2(Muest1(G_i, SEL))$

Esta es la oración que expresa la idea expuesta en la sección 2 de este trabajo, aquello que permite cumplir el objetivo explicativo de la GP, que es derivar los genotipos⁶ de las generaciones posteriores a partir de los anteriores más los factores evolutivos.

A partir de esta ley debería ser posible derivar una serie de resultados conocidos, como ser, el equilibrio H-W para dos alelos, o los resultados concernientes a la selección.

4. La deriva como fuerza

Puede verse ahora más claramente la relevancia de la reconstrucción formal para la discusión de las secciones anteriores, permitiendo expresarla de modo mucho más claro. La idea de que “no es necesario agregarle o imponerle a la GP ningún coeficiente probabilístico adicional para incorporar el tratamiento de la deriva”, mientras que si es necesario hacer esto para obtener un tratamiento adecuado de los demás factores puede verse ahora del siguiente modo.

Si quisieran incorporarse la mutación y la migración a la presente reconstrucción, bastaría con modificar el axioma 6 de manera tal que dijera:

Axioma 6': para toda generación i , $G_{i+1} = Muest2(MUT, Muest1(G_i, SEL, MIG))$

Donde MUT y MIG son coeficientes (o conjuntos de coeficientes) semejantes a SEL.

En cambio, para incorporar a la deriva no hace falta *hacer* nada. Basta con no fijar el tamaño poblacional en infinito. Nótese que también podríamos eliminar al coeficiente de selección y presentar una teoría en la que no hubiese ni mutación, ni migración, ni selección. Sin embargo, no puede presentarse a la misma teoría sin deriva, por el mero hecho de que tengamos procesos de muestreo estadísticos en la ley fundamental. Lo único que podría hacerse es *incorporar* un axioma más (en lugar de *eliminar* cosas) que estableciera que todas las poblaciones involucradas son infinitas. Pero si para eliminar a la deriva hay que agregar cosas a la teoría, es porque la deriva viene junto con el “paquete” conceptual de la teoría. Hay entonces una diferencia

relevante entre la deriva y los demás factores. Esta diferencia puede expresarse de este otro modo: el tamaño poblacional y los coeficientes que afectan a los procesos de muestreo (sean de selección, mutación, o migración) son *tipos* de cosas distintas.

Podría objetárseme que si se piensan como equivalentes a las nociones de “ser una fuerza evolutiva” y “ser un factor probabilístico impuesto sobre los procesos de muestreo”, entonces la caracterización de lo que es fuerza y lo que no se vuelve una cuestión convencional, ya que depende de factores puramente sintácticos. Por ejemplo, aunque no lo haya, podría agregarse algún tipo de factor (que no cumpla ninguna función relevante y esté en función del tamaño poblacional) para representar a la deriva. Del mismo modo, podría pensarse lo siguiente. Tal como está presentada la teoría podría definirse un nuevo concepto, llámese MIGSEL, tal que sus valores para cada genotipo (los coeficientes de “emigraselección”, nótese se) sean simplemente las sumas del coeficiente de selección (s) y el de emigración (e) para ese genotipo ($s+e$). Ahora bien, si puede hacerse esto, también puede presentarse a la teoría con MIGSEL como primitivo y SEL como definido (siendo $s = se - e$). Y si puede hacerse esto último, también puede presentarse a la teoría sin selección en absoluto, ya que los conceptos definidos son eliminables. Simplemente reemplácese toda instancia en la que aparezca s por $se - e$. De este modo, si equiparamos “ser una fuerza evolutiva” a “ser un factor probabilístico impuesto sobre los procesos de muestreo”, entonces la “emigraselección” es una fuerza legítima tanto como la selección, y cualquier decisión acerca de de cuál de las dos es *la* fuerza legítima sería arbitraria.

Respondo a estas dos cuestiones por separado. En primer lugar, en mi crítica de la deriva como fuerza, no niego que pueda introducirse algún tipo de “coeficiente de deriva” a la teoría. Sólo afirmo que *no es necesario* hacerlo. Si se me dice que tampoco es necesario hacerlo para la selección, como en el último caso, respondería que aun así parece que sí debe hacerse algún otro “truco”, como la introducción de MIGSEL.

Una mejor respuesta, y que responde también a la otra cuestión (la de la “emigraselección”) es que no toda reconstrucción empíricamente equivalente de una teoría es igualmente adecuada. Hay un sentido obvio (pero difícil de precisar) en el que mi presentación es mejor que aquella que contiene a MIGSEL y no a SEL. Podría quizás decirse que mi reconstrucción se asemeja más a lo que utilizan los biólogos en sus prácticas, o a lo que suele aparecer en los manuales especializados. O quizás el punto sea que la *operacionalización* de los coeficientes de “emigraselección” involucrarían el tener que determinar a los coeficientes de selección previamente. Todo esto mostraría que no es adecuado presentar a MIGSEL como un primitivo y a SEL como un definido, ya que se utiliza a SEL en la determinación de MIGSEL.

5. Conclusión

He examinado en este artículo la adecuación de la analogía de Sober entre MC y GP, desde una de sus aristas, la concierne al status de la deriva como fuerza. En particular he procurado precisar lo máximo posible —primero informalmente y luego formalmente— el argumento de

McShea y Brandon (2010) según el cual la deriva no debe considerarse una fuerza por no ser un factor “impuesto” a la GP sino “constitutivo” para ella. He llegado a la conclusión de que el argumento es esencialmente correcto, y luego considerado algunas posibles objeciones a él, tal como fue elucidado por mí.

Creo además que la reconstrucción aquí presentada tiene valor incluso independientemente de este argumento, aunque aun sea sólo parcial y está en una fase relativamente preliminar.

Notas

1. Sober la presenta como una analogía entre la mecánica clásica y “la teoría evolutiva” en general. Sin embargo, por el modo como está planteada la analogía (véase a continuación en el texto) es claro que cuando habla de “la teoría evolutiva” tiene en mente más específicamente a la genética de poblaciones. De modo que hablaré como si la analogía hubiese sido planteada con respecto a ésta.
2. Estoy suponiendo, por simplicidad, que las generaciones son discretas, que no hay solapamiento de individuos entre ellas, etc.
3. La parte del “solo un” podría ser expresada de manera más compleja. Por ejemplo: “para todo j y todo k [si existe un i tal que $\{a_j, a_k\} \in G_i$ entonces (no existe un r tal que $a_i \neq a_k$ y $\{a_j, a_i\} \in G_r$ y no existe un n tal que $a_j \neq a_n$ y $\{a_n, a_k\} \in G_n$)]
4. Recuérdense que, por simplicidad estamos considerando solo casos de diploidía. Axiomas como este no valdrán en general, ya que es posible que los individuos sean haploides, haplodiploides, etc.
5. O si se quiere, la parte T-teórica de dicha ley (Lorenzano, comunicación personal).
6. Podría objetárseme que la GP no lidia con conjuntos de genotipos particulares sino más bien con sus distribuciones (no importándole cuáles son en concreto, etc.). Esta objeción podría ser adecuada. Lo que se requeriría en ese caso es una formulación más débil que la aquí presentada. En contraste, creo que una serie de hechos acerca de las frecuencias debería ser derivable a partir de la ley tal como fue presentada aquí (véase a continuación en el texto).

Biibliografía

- BRANDON, R. (2006). The Principle of Drift: Biology’s First Law. *The Journal of Philosophy*, 103(7), 319–335.
- LORENZANO, P. (2014). What is the Status of the Hardy-Weinberg Law within Population Genetics? In M. Galavotti, E. Nemeth, & F. Stadler (Eds.), *European Philosophy of Science – Philosophy of Science in Europe and the Viennese Heritage* (Vol. 17, pp. 159–172). Springer International Publishing.
- MATTHEN, M., & ARIEW, A. (2002). Two Ways of Thinking about Fitness and Natural Selection. *Journal of Philosophy*, 99(2), 55–83.
- MCSHEA, D., & BRANDON, R. (2010). *Biology’s first law*. Chicago: The University of Chicago Press.

RIDLEY, M. (2004). *Evolution - Third edition*. Malden: Blackwell.

SOBER, E. (1984). *The Nature of Selection: Evolutionary Theory in Philosophical Focus* (Vol. 95). University of Chicago Press.

La inconmensurabilidad entre las teorías planetarias de Ptolomeo y Copérnico: dos enfoques contemporáneos

*Ariel Jonathan Roffé**

1. Introducción: la inconmensurabilidad kuhniana

Según el modelo de cambio científico original (Kuhn, 1962), el desarrollo científico se plantea como una serie de períodos de crecimiento acumulativo interrumpidos por episodios “revolucionarios” de rupturas o cambios más o menos drásticos. Durante los períodos de “ciencia normal”, los científicos comparten un conjunto muy amplio de compromisos (desde soluciones ejemplares a problemas concretos, leyes, modos de usar los instrumentos, modos de “ver” y conceptualizar el mundo, estándares evaluativos, etc.), es decir, trabajan en resolución de problemas dentro de un “paradigma”, entendido como “matriz disciplinar”.

Tras cierto episodio de “crisis”, o toma de conciencia de que la naturaleza viola las expectativas del paradigma, los compromisos tienden a relajarse y comienzan las investigaciones extraordinarias, en las que se cuestionan algunos de los fundamentos de la práctica anterior. De este modo puede surgir un nuevo paradigma y tener lugar una revolución científica, un episodio no acumulativo de rechazo de gran parte de la teoría y práctica anterior y la aceptación de una nueva. Dada la caracterización tan amplia de “paradigma”, los cambios revolucionarios involucran diferencias en múltiples aspectos: lingüístico/semántico, ontológico, metodológico, axiológico/evaluativo y hasta perceptual. Kuhn resume esta idea diciendo que científicos pertenecientes a paradigmas distintos “viven en mundos distintos”. Esto origina a su vez ciertos problemas de comunicación entre los defensores de paradigmas rivales. Puesto que cada interlocutor presupone los significados, problemas, métodos, etc. de su propio paradigma, hay entre ellos un “diálogo de sordos”, en el que las argumentaciones son ampliamente circulares. Además, sostiene Kuhn, dado que los estándares evaluativos son intraparadigmáticos no hay una norma externa que permita hablar de progreso tras una revolución.

Esto devino en que Kuhn fuera acusado de “irracionalista”, lo cual parece haber sido un factor importante en que haya buscado darle un alcance más limitado y una mayor precisión a su presentación original. En primer lugar, abandona el término “paradigma” por confuso¹ y comienza a usar el término “teoría”. Si bien está claro que no quiere con esto referirse a las teorías en el sentido de la concepción clásica, no está del todo claro qué entiende por este término. En otra ocasión nos dice que “[u]na teoría consta, entre otras cosas, de generalizaciones verbales y simbólicas junto con ejemplos de su función en uso” (Kuhn, 1969, citado en Lorenzano, 2012, p. 298), por lo que este uso de teoría parece ser más restringido que el de “matriz disciplinar”.

Además, se centró en el aspecto conceptual/semántico de la inconmensurabilidad, en detrimento de los otros involucrados en su idea original. Esto se debería a que estos serían

* Universidad de Buenos Aires

derivados de aquel. Por ejemplo, las diferencias perceptuales entre lo que ve un físico y un lego (o un físico aristotélico y un físico newtoniano) son *explicadas* por diferencias en los esquemas conceptuales que manejan, y que operarían en la “síntesis” u organización de la información perceptual; la misma relación de dependencia ocurre con los compromisos ontológicos que asumen. A partir de ahora, me centraré solo en este tipo de inconmensurabilidad.

La inconmensurabilidad semántica rompía con la idea de los filósofos clásicos de las ciencias de que siempre era posible comparar teorías rivales por medio de su base observacional (es decir, considerando sus consecuencias, determinar cuál se ajustaba mejor a la experiencia), la cual es descripta –según ellos– en un lenguaje neutral, que no está “contaminado” por teoría. Kuhn y Feyerabend argumentan que no existe tal lenguaje observacional, que pueda servir de unidad de medida común de ambas teorías. Así la tesis quedó caracterizada como un problema de falla en la *traducibilidad* entre lenguajes de teorías rivales.

Otro sentido en el que Kuhn intentó restringir/precisar esta idea fue limitando a unos pocos la cantidad de términos que involucraban este tipo de fallas de traducibilidad, siendo que por lo general teorías rivales comparten gran parte de su vocabulario. Denominó a este subgrupo “términos de clase”. Desde el punto de vista lógico estos términos son predicados monádicos, desde el gramatical son sustantivos (e.g. “átomo”, “tigre”, “partícula”) y su determinación es cualitativa. La idea es que este tipo de términos “cortan” al mundo según ciertas categorías, imponiéndole cierta taxonomía. Están organizados jerárquicamente en niveles, cumpliendo con el principio de no-solapamiento (solo pueden compartir casos si uno está incluido jerárquicamente dentro del otro), y originan particiones en el dominio de la teoría. Además, están intrínsecamente conectados (se interdefinen) y sus significados dependen en gran medida de los enunciados o leyes que los contienen. Así, el argumento para sostener la ocurrencia de la inconmensurabilidad se basaba en la tesis del “holismo semántico”: el significado de los términos de género depende de su lugar/rol en el esquema conceptual, y los cambios drásticos suelen involucrar cambios en estos.

Lo anterior implica además que las teorías pueden ser comparadas por medio de los enunciados que no involucran términos intraducibles (de clase). Aun así, la distinción entre enunciados que contienen (o no) términos de clase, no coincide con la de “enunciados teóricos” y “enunciados observacionales” (o contrastatorios). Un enunciado contrastatorio podría bien contener términos de clase. Además, cuando sí contienen estos términos, podrían caracterizar *extensionalmente* a los mismos estados de cosas. Por ejemplo, “el aire está desflogistizado” tendría las mismas condiciones de verdad que “el aire está oxigenado”, porque “flogisto” *refiere* —en esta ocasión al menos— al oxígeno. Sin embargo, aun así, *los lenguajes* en su conjunto serían intraducibles, ya que —según Kuhn— una traducción adecuada tiene que hacer más que preservar la extensión/referencia de las oraciones de las teorías. Es decir, no habría una traducción uniforme (sin pérdida) del término “flogisto”, ya que diferentes ocurrencias suyas deberían ser traducidas de diferente manera (a veces a oxígeno, a veces a hidrógeno, a veces a nada), *perdiéndose* así la unidad y el rol estructurador de la realidad que tenía el concepto originalmente (Kuhn, 1982, p. 674).

2. El cognitivismo y los conceptos como ‘frames’

Según los autores de esta corriente (e.g. Chen y Barker, 2000), el trabajo de los filósofos e historiadores de la ciencia se vio dificultado por el uso de modelos cognitivos implícitos de representación de conceptos que son inadecuados. Tradicionalmente, según ellos, los conceptos son representados por medio de listas de características, que brindan una serie de condiciones necesarias y suficientes para aplicarlos. Esto habría hecho tender a muchos hacia posiciones rupturistas y externalistas en los debates sobre el cambio científico. Por ejemplo, en el enfoque original de Kuhn, una anomalía puede surgir cuando se presenta un individuo inusual, que debido a ciertas características parece pertenecer a un concepto-lista, y debido a otras a otra. Sin embargo, esta anomalía no genera cambios inmediatos en la taxonomía; esto no ocurre hasta que la acumulación de anomalías causa una crisis en la comunidad. De este modo, los cambios en el nivel de la observación empírica serían continuos, pero los cambios a nivel taxonómico no.

Su enfoque consiste en representar a los conceptos por medio de herramientas llamadas ‘frames’ (marcos), los cuales se ven aproximadamente de esta manera:

[Imagen 1]

Este es un *frame* incompleto del concepto de “objeto físico” para la cosmología pre-copernicana. A la izquierda se encuentra el concepto superordinado (aquel que está siendo representado por el *frame*); siguiendo hacia la derecha encontramos dos columnas, una para atributos —características tipo que poseen los ejemplares típicos² que caen dentro del concepto— y otra para valores que de hecho toman esos atributos —uno y solo un valor debe estar activado para cada ejemplar típico particular—. A diferencia de una taxonomía, que muestra solo clases de similaridad, el *frame* hace explícitas las combinaciones valor-atributo que les dan lugar. Por último, a la derecha, encontramos a los conceptos subordinados al concepto que está siendo representado, pertenecientes a un nivel jerárquico inferior.

Las flechas dobles representan ciertas constricciones que operan entre los valores de ciertos atributos, de modo que si un ejemplar presenta el valor “Ocurre” en el atributo “Cambio” su valor en el atributo “Movimiento” debe ser “Rectilíneo”. Estas constricciones limitan el espacio conceptual a nivel subordinado, volviendo a algunas de las combinaciones de valores imposibles. Nótese también que no toda combinación posible debe definir algún concepto subordinado (ya que algunas de las combinaciones tendrán extensiones vacías).

Una versión más completa de este *frame* se vería como sigue (le faltan la representación de algunas constricciones):

[Imagen 2]

Se observa aquí además que los *frames* pueden ser utilizados de forma recursiva, introduciéndolos para representar a los conceptos subordinados. En el caso de “Objeto celestial” se comparten los atributos con el de “Objeto físico” pero algunos valores están fijados

(“movimiento” fijado en el valor “circular”, etc.).

Hay dos principios que debe cumplir todo *frame* (Andersen, Barker, & Chen, 2006, p. 68), que coinciden con los postulados por Kuhn para sus taxonomías teóricas. El principio de no-solapamiento dice que las clases de similaridad (las entidades agrupadas bajo un concepto, en un nivel jerárquico determinado dentro de la taxonomía) son mutuamente excluyentes. Esto es, ningún ejemplar cae bajo más de un concepto del mismo nivel de la misma taxonomía. El principio de exhaustividad involucra que las categorías de un nivel inferior son colectivamente exhaustivas, esto es, que la unión de las extensiones de los conceptos en el nivel subordinado agotan la extensión del superordinado.

Las anomalías no son otra cosa que objetos que, clasificados según el esquema taxonómico vigente, violan alguno/s de estos principios, por lo que originan cambios en las taxonomías. Estos cambios pueden ser divididos en revolucionarios y normales (o intrateóricos, el tipo de cambio que ocurre en ciencia normal). Los cambios revolucionarios causan una redistribución de las clases de similaridad, haciendo que al menos algún caso no problemático anterior cambie de categoría.

A modo de ejemplo, si en la antigüedad se hubiese descubierto un objeto supralunar, pero cuya constitución fuese hecha de los cuatro elementos, no hubiera podido entrar en ninguno de los conceptos subordinados de los *frames* anteriores (ya que sus características rompen las constricciones impuestas entre valores), violándose por lo tanto el principio de exhaustividad y forzando a una modificación de la taxonomía. Una manera de efectuar esta modificación sería eliminando la restricción que va de “supralunar” a “elementos”. Esto permitiría introducir al menos un concepto subordinado nuevo (cuya combinación de valores estaba prohibida anteriormente), y en cuya extensión encontraríamos a nuestro nuevo objeto anómalo. Sin embargo, esto no originaría cambios en las extensiones de los demás conceptos, que se mantendrían iguales. Es decir, el cambio no origina ningún tipo de “redistribución” y por lo tanto se trataría de un cambio normal. Compárese eso con los cambios introducidos por Copérnico en el *frame* de “objeto celestial” aristotélico. La luna y el sol, previamente clasificados como “planetas”, dejan de serlo (creándose incluso un nuevo concepto subordinado de “satélite”), mientras que la Tierra pasa a serlo. Esto contaría entonces como un cambio revolucionario.

Respecto de las teorías las teorías astronómicas *planetarias* específicamente dicen lo siguiente (Andersen et al., 2006, cap. 6). Según ellos, la astronomía planetaria (pre-kepleriana al menos) se ocupa especificar los valores del atributo “trayectoria” para el concepto superordinado de “planeta” (que es un subordinado del concepto de “objeto celeste”, representado en las imágenes anteriores). Es decir, la astronomía se ocuparía esencialmente de especificar la combinación de movimientos circulares que dan lugar a las posiciones angulares del planeta observado desde la Tierra. Por lo tanto, para entender la estructura conceptual de las teorías astronómicas planetarias tenemos que ver los *frames* para el concepto de “trayectoria”³. Ya que la trayectoria será especificada como una combinación de movimientos circulares, el *frame* hará uso recursivo de otro *frame*, el de “movimiento circular”

[Imagen 3]

El *frame* para “trayectoria” en la teoría astronómica de Ptolomeo (por simplicidad, sin ecuantes) hace uso recursivo del de “movimiento circular”. Este aparece dos veces, ya que la teoría explica la trayectoria de los planetas apelando mayormente a dos movimientos circulares: el del deferente y el del epiciclo mayor. La siguiente imagen muestra dicho *frame* con los valores activados para Saturno. Para simplificar, se está obviando el atributo “*Daily motion*”, que ellos incluyen en ambos.

[Imagen 4]

Ahora bien, los autores sostienen que el *frame* para trayectoria en la astronomía copernicana es *exactamente el mismo*. La estructura conceptual de ambas teorías sería para ellos la misma, lo único que cambiaría, por ejemplo en el caso de Saturno, son los valores que se encuentran activados. Por ejemplo, para explicar el movimiento retrógrado, ambos utilizan un movimiento circular (en el caso de Ptolomeo es un epiciclo mayor, y en el de Copérnico el deferente de la Tierra). De hecho por cómo eligen representar los valores, los activados relacionados con los centros (en ambos es “Otro”), y la velocidad del movimiento propio, son los mismos. Solo difieren los activados de “Velocidad” para el movimiento retrógrado y los de “Radio” para ambos movimientos, un valor que el astrónomo ptolemaico no necesita especificar con exactitud (a fin de predecir trayectorias solo necesita especificar la proporción entre estos) y que los autores no toman como importante a efectos astronómicos. Por este motivo, argumentan, no hay inconmensurabilidad entre las correspondientes teorías astronómicas.

Una evaluación más minuciosa de esta conclusión podría poner en duda su adecuación. En primer lugar, no parecen estar aplicando, ni es del todo claro cómo aplicar, su propia definición de inconmensurabilidad –redistribución de objetos previamente clasificados en clases de similaridad– a este caso, ya que no es claro cuáles son los conceptos subordinados involucrados (el *frame* de la imagen 4 parece especificar recursivamente a los atributos del concepto superordinado, no a sus conceptos subordinados). Podría pensarse que las combinaciones de círculos particulares para cada planeta definen a sus conceptos subordinados. Pero si es así, las entidades se redistribuyen y hay inconmensurabilidad. Es decir, en la astronomía ptolemaica habría un concepto subordinado de “Saturno” (que correspondería con el predicado lógico monádico “ser un Saturno”) que surge a partir de cierta combinación particular de valores. El concepto de “Saturno” de la astronomía copernicana surge de otra combinación, y por tanto es un concepto distinto. Una entidad (el planeta en cuestión) pasó de pertenecer a la extensión del primero de ellos –que queda vacía– a pertenecer al del segundo. Es más, bajo esta perspectiva, cada pequeño ajuste para los valores de Saturno genera inconmensurabilidad. De todos modos, no es claro que “Saturno” deba ser tratado como un concepto subordinado y no como una constante de individuo (que nombra un objeto perteneciente a la extensión de “planeta”).

En segundo lugar, parece que sus conclusiones acerca de la inconmensurabilidad en este

caso particular se derivan de cómo eligen presentar al *frame* en cuestión, es decir, qué atributos y qué valores ocurren en él. Por ejemplo, en el caso de Ptolomeo podrían haber elegido como atributo “radio del epiciclo mayor” (para el sol y la luna sería simplemente 0) y entonces parece que la estructura conceptual ya no hubiese sido la misma que para Copérnico (para el cual no hay epiciclos mayores). Y lo mismo ocurre a la inversa, más adelante argumentan que al introducir ecuantes Ptolomeo debe agregar un nuevo atributo para “centro del movimiento”, lo cual modifica el esquema conceptual generando inconmensurabilidad. Sin embargo, podría agregarse el mismo atributo al esquema de Copérnico fijando su valor en “centro geométrico”. Así, la ocurrencia de inconmensurabilidad se vuelve una cuestión convencional, de cómo se elige representar a la teoría.

3. El estructuralismo metateórico

El estructuralismo metateórico es una escuela que toma elementos tanto del empirismo lógico como de la corriente historicista de la filosofía de las ciencias. Haciendo uso de, entre otras cosas, la teoría de conjuntos, intenta brindar reconstrucciones formalizadas de teorías empíricas, con objetivos de elucidación conceptual similares a los de los empiristas lógicos (aunque, según ellos, con mayor éxito). Intentaré aquí dar una idea general del modo en que se trata a la inconmensurabilidad, evitando todo lo que pueda el formalismo (que es necesario si se busca una comprensión más profunda).

Un buen lugar para comenzar es en la distinción de T-teoricidad que proponen. Es generalmente reconocido que la distinción teórico/observacional del empirismo lógico tiene problemas insuperables. El estructuralismo propone una distinción relativa a cada teoría (i.e. un mismo concepto puede ser teórico para una teoría y no teórico para otra), que a grandes rasgos es entre conceptos mediante los cuales se describe el *explanandum* y conceptos propios de la teoría⁴. Los conceptos no-teóricos para una teoría T (o T-no-teóricos para abreviar) que están en su *explanandum*, pueden estar cargados de teoría (tal como sostenían Kuhn y Hanson), pero no de la teoría para la cual son no-teóricos, sino de otras teorías, evitando así el problema de la circularidad.

El criterio para distinguir cuándo un concepto es propio de una teoría es aplicativo: cuando *todos* los métodos de determinación del valor de un concepto involucran hacer uso de las leyes de la teoría T, entonces el concepto en cuestión es T-teórico. Por ejemplo, en la física newtoniana si bien puede determinarse la aceleración aplicando las leyes de la MC (por ejemplo, si se conocen fuerzas y masas, despejando en $F = ma$), pero también se la puede obtener independientemente de ella. No ocurre lo mismo con la masa, por lo tanto, el *concepto* de masa es MC-teórico, a pesar de que el término “masa” haya sido utilizado con anterioridad.

A partir de este criterio de teoricidad, el estructuralismo distingue entre dos tipos de inconmensurabilidad. La inconmensurabilidad teórica surge cuando dos teorías rivales no comparten vocabulario teórico, o parte de éste. La inconmensurabilidad empírica consiste en que dos teorías apelen a diferentes conceptos para conceptualizar su *explanandum*, es decir,

cuando no comparten su lenguaje no-teórico, o parte de éste (Diez, 2012).

El modo como podrían aplicarse estas distinciones a las teorías planetarias ptolemaica y copernicana (TPP y TPC en adelante) objeto del presente ensayo es el siguiente.

Si se observa una reconstrucción estructuralista de TPP (por ejemplo, la brindada por Carman, 2010), su ley fundamental dice que “Para todo planeta existe al menos un sistema de epiciclos y deferentes tal que la posición calculada por ese sistema es igual a la posición observada, en cualquier instante de tiempo” (Carman, 2010, p. 215). Los conceptos de la teoría parecen ser entonces el de “planeta”, sus posiciones, los instantes de tiempo, y el concepto de “sistema de epiciclos y deferentes”, que en la reconstrucción formal no es un primitivo sino que está definido a partir de otros como los de órbitas, centros, puntos móviles, velocidades, etc.

Cabe preguntarse entonces cuáles de estos conceptos son T-teóricos y cuáles no. Es claro que las posiciones y tiempos están en el *explanandum* y pueden ser determinados con independencia de TPP. El concepto de “planeta” determina el dominio de aplicación de la teoría, y nuevamente, parece que para aplicar TPP hay que tener una idea previa de cuáles son los planetas en cuestión. En cambio, los sistemas de epiciclos y deferentes son el mecanismo teórico propuesto para explicar/predecir posiciones de planetas en determinados tiempos, y por lo tanto son TPP-teóricos (lo mismo que los conceptos de órbitas, puntos móviles, etc. usados en su definición).

Si el concepto de “planeta” es TPP-no-teórico (y presumiblemente, también el concepto de “planeta” de TPC es no-teórico para ella ya que aparece en su *explanandum*), y el conjunto de los planetas (su extensión al menos) es distinto para ambas teorías, entonces habría inconmensurabilidad *empírica* entre ellas.

De describir los cambios en este concepto me ocupé en el apartado anterior, me limito ahora a señalar algunas diferencias con enfoque de *frames*. Si bien los esquemas conceptuales pueden ser distintos, al estructuralismo le preocupa más bien la cuestión de los modos en los que de hecho se determina que algo cae en una categoría. Por ejemplo, obsérvese la imagen 2. No es claro que criterios como “constitución” o “ubicación” puedan ser utilizados por Ptolomeo para distinguir *de hecho* planetas de otras cosas. Pareciera que dichos conceptos son T-teóricos para la física aristotélica. La pregunta sería si la astronomía ptolemaica presupone como teoría subyacente a la física (la utiliza para determinar la extensión de algunos de sus conceptos T-no-teóricos) o si la relación es inversa; quizás la física determina que ciertos objetos están hechos de éter, o pertenecen al mundo supralunar, precisamente porque pueden ser tratados con éxito desde la teoría ptolemaica. O bien, una tercera alternativa que creo más plausible, hay alguna “teoría” de bajo nivel, que subyace a ambas, y que utiliza los otros dos criterios de la imagen (estabilidad y trayectoria). Por ejemplo, Ptolomeo podría distinguir planetas por el hecho de que exhiben movimiento diario pero “se mueven entre las estrellas”, de manera aproximadamente circular, por ser inmutables (no aparecen y desaparecen como los cometas), etc.

El caso de Copérnico es más extraño porque no está claro qué tipo de criterio/teoría

subyacente usa –si es que usa alguno– para determinar que algo es un planeta o un satélite, sino que la lista de los planetas parece más bien *ad hoc*. Retomando el ejemplo anterior, el criterio no podría ser “moverse entre las estrellas” ya que la Tierra también es un planeta. Del mismo modo, la distinción entre planetas y satélites parece tener que ver con el centro de rotación, pero ello solo es determinable a partir de TPC, y por lo tanto no puede ser usado para determinar un concepto que está en su *explanandum*. Tampoco pueden distinguirse por el hecho de exhibir o no movimientos retrógrados (un planeta exterior que tuviera una velocidad angular mucho mayor a la de la Tierra, tal que esta nunca “lo pase”, no exhibiría retrogradaciones). Es decir, en el caso de Copérnico, si bien parece claro cuáles son los criterios conceptuales que dividen planetas de satélites de estrellas (por ejemplo, tipos de movimiento, centro de rotación, ubicación espacial, etc.), no lo es cómo determinar la pertenencia de una entidad a una de estas clases, independientemente de que puedan ser tratados con éxito como tales desde TPC.

Resumiendo, la existencia de conmensurabilidad empírica dependería de que TPP y TPC apelen a la misma teoría subyacente (o a dos versiones teóricamente conmensurables de la misma teoría subyacente) para determinar la extensión de sus conceptos T-no teóricos, lo cual no parece ser el caso. A qué apela Copérnico es una cuestión interesante que debería ser estudiada en más detalle.

Para finalizar, quiero centrarme en el otro tipo de inconmensurabilidad, la teórica. Para analizar esto es preciso decir algo acerca de cómo, según el estructuralismo, los términos teóricos adquieren significado empírico. Hay acuerdo tanto con Kuhn como con el cognitivismo en que no hay una serie de condiciones necesarias y suficientes que los definen. Según el estructuralismo, las leyes fundamentales en las que aparecen dichos conceptos T-teóricos suelen ser “empíricamente irrestrictas” (son tan generales / tan poco específicas, afirman tan poco, que pueden ser siempre satisfechas) y que se gana aplicabilidad cuando se introducen restricciones adicionales a los conceptos teóricos por medio de leyes especiales. Por ejemplo, como muestra Carman (2010), la ley mencionada de TPP puede ser satisfecha trivialmente para cualquier trayectoria posible (como ser, la cara de Homero Simpson). Carman agrega como restricciones adicionales para TPP, entre otras, a las siguientes:

(1) “El período de revoluciones del epiciclo [mayor] debe coincidir con el tiempo comprendido entre dos retrogradaciones, es decir, el epiciclo dará una vuelta por cada retrogradación” (Carman, 2010, p. 224);

(2) “En el instante medio de una retrogradación, la elongación de un planeta exterior es aproximadamente 180°” (Carman, 2010, p. 229).

Recuérdese que analizar si hay inconmensurabilidad teórica requiere analizar si los conceptos T-teóricos son los mismos. Esto involucra entonces ver si la ley fundamental es la misma y si las restricciones que se le imponen a los conceptos teóricos son las mismas. Sin embargo, los criterios de identidad conceptual son más vagos en este caso, y la respuesta a esta cuestión puede no ser un si/no definitivo sino algo intermedio; es decir, no todo cambio de este tipo implicará necesariamente un cambio de teoría (véase por ejemplo, Ginnobili, 2014).

Dado que no contamos con una reconstrucción estructuralista de TPC, esto es difícil de ver en este caso. Sin embargo, parece haber algunas diferencias obvias. Por ejemplo, el modo como se define un “sistema de epiciclos y deferentes” a partir de los primitivos de la teoría parece ser distinto (esto es, como conjunto de orbitas vinculadas tal que en el punto móvil de una se encuentra el centro de la siguiente en todo tiempo, y tal que en el punto móvil de la última está el planeta en cuestión y en el centro de la primera está *la Tierra* —el observador— para Ptolomeo, *el Sol* para Copérnico). Además es patente que cambian algunas de las leyes especiales. Por ejemplo, (1) desaparece, mientras que (2) se vuelve un teorema. Todo esto nos llevaría a considerar que hay algún tipo de inconmensurabilidad teórica entre ambas teorías.

4. Conclusión

Ambos enfoques elucidan de una manera más precisa la tesis de la inconmensurabilidad de Kuhn, aplicándola detalladamente a casos concretos. Ambos tienen la ventaja de poder hablar de la inconmensurabilidad sin necesidad de solucionar previamente los problemas en torno a la traducibilidad y el significado.

Ambos enfoques acuerdan en que hay inconmensurabilidad empírica. Aunque esto parecería significar cosas distintas para los dos enfoques, el acuerdo básico parece ser que los marcos conceptuales que sirven de base para la astronomía son diferentes.

Sin embargo, parece que están en desacuerdo sobre la cuestión de la inconmensurabilidad teórica, que la estructura conceptual de las teorías planetarias sea la misma o no. Mientras que el enfoque de *frames* señala que ambas teorías recurren a combinaciones de movimientos circulares, a los cuales se conceptualiza de la misma manera, el estructuralismo señala que los modos en los que es legítimo construir estas combinaciones (que estarían detallados en las leyes de ambas teorías) no son los mismos.

Notas

1. Una confusión que admite haber introducido él mismo, al haber usado el término para referirse al mismo tiempo a soluciones ejemplares a problemas concretos, a libros en los que aparecen esas soluciones y a “matrices disciplinares” en el sentido antes expuesto

2. Los conjuntos de atributos, también llamados “estructuras invariantes”, pueden estar ausentes en casos atípicos. Por ejemplo, “Pico” y “Pata” pueden ser atributos del concepto de “Pájaro” (son características tipo que sirven para clasificar pájaros), mientras que a algún pájaro particular pueden faltarle.

3. Algo de todo esto resulta extraño. A la trayectoria se la describe/especifica como series de longitudes y latitudes celestes en distintos momentos. Una tabla astronómica especifica una trayectoria. Las combinaciones de círculos determinan trayectorias pero no son analíticamente equivalentes a ellas (diferentes combinaciones podrían producir la misma trayectoria). Quizás el concepto que especifica la astronomía debería ser algo en la línea de “sistema de epiciclos y deferentes” (véase la sección 3). También resulta extraño que elaboren un frame para algo que es un atributo (como “trayectoria”) o incluso un

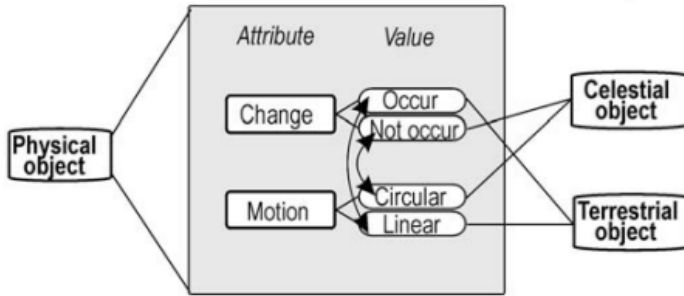
valor (“circular”) y no un concepto subordinado. Hay que tener en cuenta que, según ellos, no hay una sola taxonomía/un solo modo de agrupar las cosas (algo así como “clases naturales”), sino que se puede agrupar las cosas de diferentes maneras, bajo diferentes criterios, incluso dentro de una misma comunidad (veremos que esto traerá problemas luego)

4. Ha habido debates dentro del estructuralismo acerca de si pueden aparecer conceptos no-teóricos en el *explanans* de una teoría. Dejaré aquí estos problemas de lado y me contentaré con la versión más simple presentada aquí arriba.

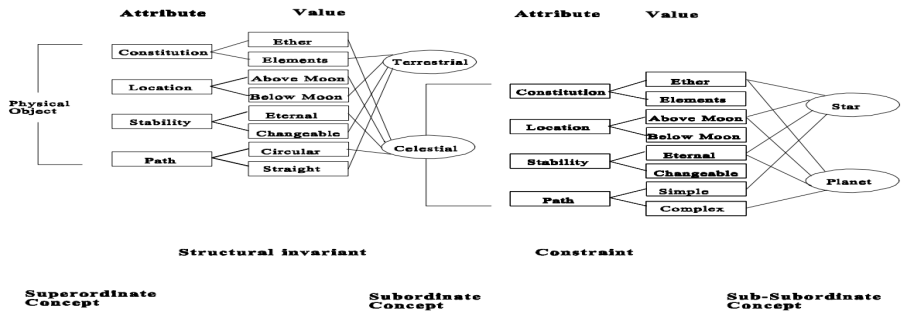
Bibliografía

- ANDERSEN, H., BARKER, P., & CHEN, X. (2006). *The cognitive structure of scientific revolutions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- CARMAN, C. (2010). La refutabilidad del sistema de epiciclos y deferentes de Ptolomeo. *Principia*, 14(2), 211-239.
- CHEN, X., & BARKER, P. (2000). Continuity through revolutions: A frame-based account of conceptual change during scientific revolutions. *Philosophy of Science*, 67, 208-223.
- DÍEZ, J. A. (2012). Inconmensurabilidad, comparabilidad empírica y escenas observacionales. En P. Lorenzano, & O. Nudler (Eds.), *El camino desde Kuhn: La inconmensurabilidad hoy* (pp. 67-118). Madrid: Siglo veintiuno.
- GINNOBILI, S. (2014). La inconmensurabilidad empírica entre la teoría de la selección natural darwiniana y el diseño inteligente de la teología natural. *Theoria*, 29 (3), 375-394.
- HANSON, N. R. (1958). *Patterns of discovery*. Cambridge: Cambridge University Press.
- KUHN, T. S. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: FCE.
- KUHN, T. S. (1969). Discussion. En F. Suppe, *The structure of scientific theories* (págs. 500-517). Illinois: University of Illinois Press.
- KUHN, T. S. (1982). Commensurability, Comparability, Communicability. *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 669-688.
- LORENZANO, P. (2012). Estructuras y aplicaciones intencionales: Inconmensurabilidad teórica y comparabilidad empírica en la historia de la genética clásica. En P. Lorenzano, & O. Nudler (Eds.), *El camino desde Kuhn: La inconmensurabilidad hoy* (págs. 289-350). Madrid: Siglo veintiuno.
- LORENZANO, P., & NUDLER, O. (2012a). *El camino desde Kuhn: La inconmensurabilidad hoy*. Madrid: Siglo veintiuno.
- LORENZANO, P., & NUDLER, O. (2012b). Introducción. En P. Lorenzano, & O. Nudler (Eds.), *El camino desde Kuhn: La inconmensurabilidad hoy* (pp. 9-25). Madrid: Siglo veintiuno.
- Las imágenes 1, 3 y 4 fueron tomadas de Andersen, Barker, & Chen, 2006; La imagen 2 fue tomada de Chen & Barker, 2000.

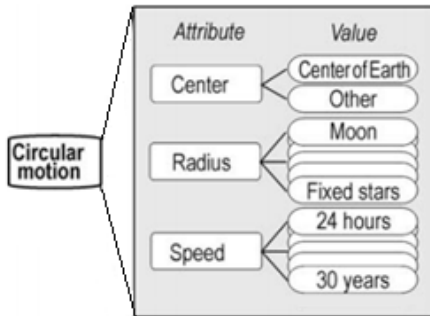
[Imagen 1]:



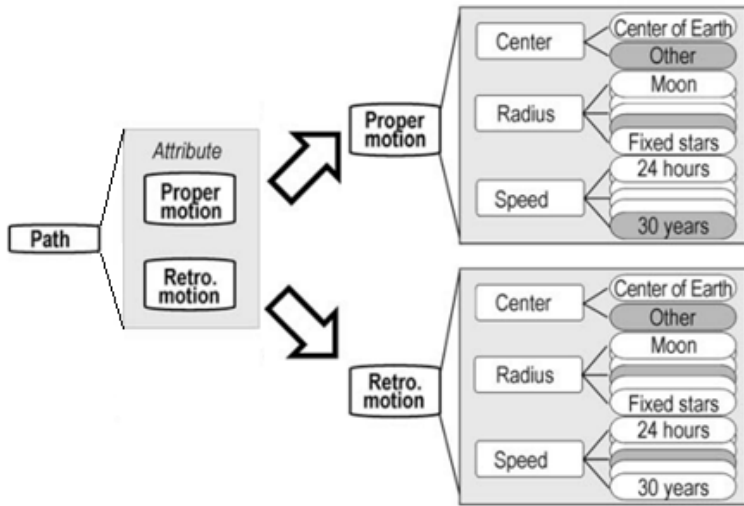
[Imagen 2]:



[Imagen 3]:



[Imagen 4]



Cero o No Ser: Genealogía del cero

*Leila Gisela Rosset Luna**

1. Introducción

La utilización actual de símbolos lleva a suponer que, en algunos casos, éstos surgen a partir de la necesidad de expresar algo que, con la terminología existente, no era posible. Esto se resume afirmando el carácter subrogatorio, y muchas veces imprescindible, de los símbolos.

En el caso de la matemática, se puede observar que, por ejemplo, constantes como π , i y e , emergen para simbolizar números que no son expresables de otra manera. El símbolo asignado para representar el valor de estas constantes, refiere inmediatamente, al versado, al número en cuestión. En efecto, π expresa el cociente entre la longitud de cualquier circunferencia y su diámetro, y, debido a su carácter irracional y trascendente, su valor, a lo largo de la historia hasta su sistematización teórica, sólo ha recibido un sinnúmero de aproximaciones inexactas. Algo similar sucede con los símbolos i y e . El primero expresa una cantidad que no tiene solución en el conjunto de los números reales: la raíz cuadrada de menos 1; el segundo, la base de los logaritmos naturales.

La construcción de estas constantes no se realiza de un momento a otro sino que surgen a partir de un proceso de reflexión y una tarea que, en la mayoría de los casos, lleva varias generaciones. Y, como se dijo más arriba, se presentan por una necesidad concreta. En este trabajo nos ocuparemos del cero como constante matemática.

La filosofía desde sus inicios griegos se ha cuestionado el valor representacional de nociones como la nada, el no ser y el vacío. Este problema quedó enmarcado en la distinción dicotómica entre el ser y el no ser, lo pleno y lo vacío, dando prioridad a las primeras en desmedro de las segundas. En este contexto cabe preguntarse si es posible concebir números que expresen nada o, incluso, menos que nada. La historia de la matemática ha dado cuenta suficiente de este tipo de situaciones, catalogando a cierto tipo de números como irracionales, imaginarios, complejos, todos vocablos que denotan un aspecto negativo e incierto de su naturaleza matemática. El cero trae aparejado la pregunta por la representación de lo irrepresentable.

Este trabajo intenta ser una primera aproximación a distintas fuentes acerca del origen del cero en nuestra cultura. Nos preguntamos qué llevó a su construcción cómo número, o sea, su carácter operativo y simbólico, y por qué no todas las culturas contaron con este símbolo. Describiremos, por un lado, el surgimiento de diferentes signos asociados con el cero en Oriente -mesopotámicos, indios, árabes- y, por otro, la filosofía antigua griega clásica y helenística predominante en la cuál no se desarrolla ningún signo similar, al menos no uno que llegue hasta nosotros tal cual lo conocemos hoy. Si bien no es posible dar una respuesta

* Universidad Nacional de Córdoba

acabada sostenemos que: (a) el cero es un símbolo que surgió en Oriente, más precisamente en la India en torno al siglo VII, en tanto que (b) no hubo ningún símbolo para el cero en la antigua Grecia, con lo cual cabe esperarse que la noción del cero no haya tenido cabida en la cultura donde predominó el valor de lo que es, por encima de cualquier posibilidad de acceso cognitivo a lo que no es.

2. Genealogía del cero

Recientemente el cero generó un conflicto que tiene que ver con sus orígenes. El 31 de diciembre del año 1999 muchas personas se preparaban para el inicio del nuevo milenio sin tener en cuenta que, en realidad, éste comenzaría un año más tarde. Nuestro calendario carece de año cero, por lo cual el tercer milenio comenzó el 1 de enero del año 2001. La causa por la cual nuestro calendario no comienza con el año cero se debe sencillamente a que, cuando se creó, el cero no existía como número.¹

A lo largo de la historia diversas culturas han utilizado diferentes sistemas de numeración. El que empleamos hoy se utiliza en Occidente desde hace aproximadamente 600 años. Es el sistema llamado indoarábigo, aunque como veremos más adelante, en rigor de verdad debería llamarse sistema indio de numeración. La adopción por parte de los europeos de este sistema no estuvo exenta de conflictos. Mientras que los comerciantes y banqueros se convencieron rápidamente de la utilidad del sistema indoarábigo, las autoridades gobernantes y eclesiásticas lo tildaron de mágico o demoníaco debido a la facilidad para alterar la grafía de los números del nuevo sistema y a su procedencia de tierras no cristianas. De hecho, en 1299, en la ciudad de Florencia, Italia, se prohibió el uso de dichos números, incluido el cero.

Previamente, en el año 1202, Leonardo de Pisa -conocido también como Fibonacci- en su libro *Liber Abaci* escribió acerca de los números indoarábigos, de los cuales había aprendido cuando estudió con los árabes mientras vivía en el norte de África con su padre, que era comerciante. No fue ésta la primera ocasión en la cual se habló de estos números en Europa debido a que años antes ya se los conocía al menos en España.²

Cabe destacar que cuando Fibonacci escribió *Liber Abaci* presentó los números con estas palabras: “Los nueve números indios son 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2 y 1. Con estos nueve y el signo 0, que en árabe se llama *sifr*, se puede escribir el número que se desee”.³ Resulta curioso observar que no se mencionan diez números sino nueve; parecería que, hasta ese momento, el cero no era considerado un número por derecho propio.

Con seguridad podemos afirmar que a lo largo del siglo IX este sistema de numeración ya era utilizado por los matemáticos indios y por los árabes (Humez, Cajori, Joseph, Burguer). En torno al año 820 Al-Khwarizmi escribió *Aritmética*, un tratado de matemática en el que trata por primera vez en un texto los nueve números, destacando la utilidad del sistema posicional con el cero incorporado. Para ese momento aun no había claridad acerca de cómo tratar todas las operaciones con el cero, principalmente la división por cero.⁴

La aparición más antigua del símbolo que hoy asociamos con el cero en la India en un

sistema decimal posicional se encuentra en una inscripción en una tablilla de piedra hallada en Gwalior, al sur de Delhi, del año 876 dC. En ésta los números 50 y 270 se expresan como 𑂔𑂰 y 𑂔𑂰𑂔𑂰, respectivamente. En el sudeste asiático, en una zona bajo influencia cultural india, se encontró una inscripción malaya en Palenbang, Sumatra, del año 684, en las que se muestran los números 60 y 606 como 𑀓𑀺 y '𑀓𑀺𑀓, respectivamente.

Un caso particular sería el de los números encontrados en el llamado *Manuscrito de Bakhshali*, encontrado en 1881 enterrado cerca del pueblo de Bakhshali, en la frontera del noroeste de India. Está escrito en hojas de corteza de abedul, pero ha aparecido fragmentado. Es una copia incompleta de un manuscrito mayor, habiéndose preparado la copia, probablemente alrededor del octavo, noveno o décimo siglo. No se sabe a ciencia cierta la fecha del manuscrito original. Joseph (2000) señala que si “la versión original del manuscrito Bakhshali data del siglo tercero de nuestra era, sería ésta la prueba más antigua de un sistema numérico bien establecido con una escala y un cero con valores posicionales, el cual es también un claro antecesor de nuestro sistema actual de numeración.” (Joseph. 1996: 328). En el manuscrito se encuentran los siguientes números: 330: 𑀓𑀓𑀺, 947: 𑀓𑀺𑀓 y 846.720: 𑀓𑀺𑀓𑀺𑀓𑀺, donde puede observarse que se trata de un sistema plenamente desarrollado.

Si seguimos mirando hacia atrás en el tiempo es posible encontrar un signo que se asemeja al cero aunque no es ya el número entendido como operador sino más bien un símbolo indicador de una ausencia. Es decir, debemos distinguir entre el signo “cero” como referencial, posiblemente sincategoremático, y el concepto operatorio de número cero. En Mesopotamia, en la zona del actual Iraq, se utilizó un sistema de numeración posicional de base 60. No tenía un símbolo para cada número entero de la base, sino que había sólo dos símbolos: una cuña delgada y vertical para representar el número 1 y una cuña gruesa horizontal para el 10. Estos símbolos se disponían en grupos para indicar los números del 2 al 9 y del 20 al 50 (figura 1). Al llegar a 59 la cuña delgada tomaba un segundo significado, el número 60, y a partir de ahí se usaba un sistema posicional en el que los grupos de signos iban representando sucesivamente el número de unidades, 60, 60x60, 60x60x60 y así en adelante.

1	𐎶	11	𐎶𐎵	21	𐎶𐎵𐎶	31	𐎶𐎵𐎶𐎵	41	𐎶𐎵𐎶𐎵𐎶	51	𐎶𐎵𐎶𐎵𐎶𐎵
2	𐎶𐎶	12	𐎶𐎵𐎶𐎶	22	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶	32	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶	42	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	52	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶
3	𐎶𐎶𐎶	13	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶	23	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶	33	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	43	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	53	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶
4	𐎶𐎶𐎶𐎶	14	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶	24	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	34	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	44	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	54	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶
5	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	15	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	25	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	35	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	45	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	55	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶
6	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	16	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	26	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	36	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	46	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	56	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶
7	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	17	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	27	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	37	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	47	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	57	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶
8	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	18	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	28	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	38	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	48	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	58	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶
9	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	19	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	29	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	39	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	49	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶	59	𐎶𐎵𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶
10	𐎶	20	𐎶𐎵	30	𐎶𐎵𐎶	40	𐎶𐎵𐎶𐎵	50	𐎶𐎵𐎶𐎵𐎶		

Figura 1: Símbolos mesopotámicos para los números 1 - 59

Los registros de alrededor del año 300 aC⁵ recién dan un símbolo de cero: un diseño de dos flechas o cuñas inclinadas a la izquierda (figura 2), pero éste no se utilizó en el cálculo. Más bien constituía un elemento separador que carecía de categorización numérica alguna.

Figure 2: Babylonian numbers

Without Zero							
𐎶	<	𐎶𐎶	<𐎶	𐎶𐎶	<𐎶	𐎶𐎶	<𐎶
1	10	61	601	3601	36,001	216,001	2,160,001
With Zero							
𐎶	<	𐎶𐎶	<𐎶	𐎶𐎵	<𐎶	𐎶𐎵	<𐎶

Figura 2: Sin un signo para rellenar vacíos entre dígitos, la forma de escritura en el sistema mesopotámico era ambigua: así, por ejemplo, los números 61 y 3601 sólo podían diferenciarse de acuerdo al contexto en el cual se encontraban. Hacia el año 300 aC se inventó un signo para esta ausencia que funcionaba como un marcador de posición y resolvía la ambigüedad.

Existen registros que indican que alrededor del siglo II aC el sistema de numeración mesopotámico estaba en uso en la astronomía griega; la letra omicrón se utilizaba para designar un espacio vacío en la escritura de los números. Es probable que los griegos hayan aprendido acerca del sistema de numeración mesopotámico cuando las tropas de Alejandro Magno conquistaron Babilonia. Sin embargo esta utilización por parte de los griegos sólo se realizó con fines astronómicos.

3. Cero o No Ser

En su libro *Biografía de una idea peligrosa*, Charles Seife afirma, hablando del sistema de numeración griego, que el cero era un número que no parecía tener ningún sentido geométrico y que por tal motivo, de incluirlo en su sistema de numeración, los griegos deberían haber cambiado por entero su modo de hacer matemática. Según su razonamiento, ésta fue la causa por la cual eligieron no incluirlo. Sin embargo no existe entre los números griegos ninguna evidencia de un símbolo semejante al que fue utilizado en Mesopotamia.

Por otro lado, señala también Seife que

no fue ignorancia lo que llevó a los griegos a rechazar el cero, ni tampoco su sistema número-forma. Fue su filosofía. El cero entraba en conflicto con las creencias filosóficas fundamentales de Occidente, ya que contenido dentro del cero había dos ideas que eran nefastas a la doctrina occidental. De hecho, estos conceptos podrían eventualmente destruir la filosofía aristotélica después de su largo reinado. Estas ideas peligrosas eran el vacío y el infinito.⁶ (Seife, 2000)

Este texto pone en evidencia la relación que suele hacerse por parte de varios autores entre el cero en el contexto matemático, el concepto de vacío en la física y la noción de no ser en filosofía.

La discusión acerca de la nada fue abordada por la mayoría de los filósofos presocráticos y quienes los siguieron, al menos desde dos perspectivas diferentes: por un lado la nada en relación al no ser y, por otro, la nada en relación al vacío.

En los próximos apartados analizaremos las discusiones filosóficas existentes en la antigua Grecia acerca de la nada y del vacío.

3.1. Contexto metafísico: El Ser y la Nada

A comienzos del siglo V aC Parménides escribió un poema en el que plantea la cuestión de la nada en relación al ser. El Poema ha llegado a nosotros de manera fragmentada, pero es evidente que tuvo una enorme influencia en el panorama filosófico de su época. Parménides se inscribe en una serie de filósofos que intentó explicar la realidad de todas las cosas, interesándose en aquello que hace posible que todo lo que existe exista, el hecho de “ser”.

En el Poema, una diosa que guía a Parménides en este recorrido hacia el conocimiento le propone distintos caminos:

 Ea pues, que yo voy a contarte (y presta tu atención al relato que me oigas)
 los únicos caminos de búsqueda que cabe concebir:
 el uno, el que es y no es posible que no sea,
 es ruta de Persuasión, pues acompaña a la Verdad;
 el otro, el de que no es y el de que es preciso que no sea,
 éste te aseguro que es sendero totalmente inescrutable.
 Y es que no podrías conocer lo que no es -no es alcanzable-
 ni tomarlo en consideración.
 Pues lo que cabe concebir y lo que cabe que sea son una misma cosa.

(...)

Es necesario que sea lo que cabe que se diga y se conciba. [Pues hay ser, pero nada, no la hay].⁷

El interés principal de Parménides y sus sucesores es de orden metafísico más que físico. Se vale de razonamientos lógicos, separando así la realidad lógica de la realidad que es percibida por los sentidos. Tales razonamientos lo llevarán a negar el movimiento, la pluralidad y el cambio. En el fragmento 8 del Poema, se dan algunas de las características que el ser debería tener:

Y ya sólo la mención de una vía
queda; la de que es. Y en ella hay señales
en abundancia; que ello, como es, es ingenito e imperecedero
entero, único, inmutable y completo.
Y que no “fue una vez”, ni “será”, pues ahora es todo a la vez,
uno, continuo. Pues ¿qué origen le buscarías?
¿Cómo y de qué habría crecido? Pues “de lo que no es”
no te dejaré decirlo ni concebirlo, pues no cabe decir ni concebir
lo que no es. ¿Y qué necesidad lo habría impulsado a crearse antes
después, originado de la nada?
Así que es necesario que sea plenamente o que no sea en absoluto.⁸

Esta sería la línea seguida por los pensadores de la escuela de Elea (Zenón, Meliso de Samos, Anaxágoras de Elea, entre otros). Se puede observar que esta tradición es, por un lado, estática: nada cambia, por lo tanto no existe posibilidad de que lo que no es pase a ser; y por otra, es dicotómica: las posibilidades son la verdad o el error, la oscuridad o la luz, el ser o el no ser, no hay posibilidad de un intermedio.

3.2. Contexto físico: Vacío - Pleno

No todos los filósofos griegos rechazaron la idea del vacío. Para los pitagóricos, por ejemplo, el vacío era el elemento esencial de su cosmogonía. A partir del concepto de vacío, pudieron explicar la existencia de unidades discretas, ya que es el vacío el que actúa de límite entre ellas.

También los pitagóricos aseguraron que existe el vacío y que penetra en el cielo a partir de lo ilimitado, como si éste inhalara aliento y vacío. Este último distingue las naturalezas, como si el vacío fuera una especie de separación y diferenciación de lo continuo, y se halla primordialmente en los números, pues el vacío distingue sus naturalezas. (Aristóteles, Física, 213b22).⁹

Si bien las afirmaciones parmenídeas indicadas en el apartado anterior fueron consideradas como premisas inatacables, tales postulados, en la aplicación eleática, habían llevado a la negación del mundo físico. Los filósofos posteriores Diógenes de Apolonia y los atomistas Leucipo y Demócrito se esforzaron por armonizar estas premisas con una explicación válida del mundo aparental.

Diógenes de Apolonia admitió la existencia del vacío ya que la admisión de vacío es la única manera en que es posible que la materia originaria (según él, el aire) pueda estar más denso o menos denso y, por ende, variar.

Diógenes, por su parte, sostiene que los peces, cuando expulsan el agua por las branquias, toman aire del agua que rodea su boca, merced al vacío que se produce en ella. (Aristóteles, Acerca de la respiración, 471a3)

Por otro lado Leucipo y Demócrito elaboraron una teoría que pretendía respetar las características generales del ser postuladas por la escuela eleática; así, no creían en la generación ni en la corrupción del ser, ni en el paso de lo uno a lo múltiple, ni viceversa. Sin embargo, como no era posible el movimiento sin vacío, fue preciso elaborar una teoría que admitiera el ser y el vacío, sin hacerlos incompatibles, si se quería dar cabida al movimiento en los presupuestos eleáticos de la teoría del ser. En efecto, Leucipo y Demócrito desarrollaron una explicación de la realidad basada en una nueva forma de concebir el ser y el vacío. No se trata de un no ser absoluto, como el de Parménides, sino de un no ser relativo al ser que son los átomos. Su postulado obedece a la exigencia lógica de explicar el movimiento. En tanto que lo hay, el vacío es, con el mismo derecho que lo pleno.

En realidad, en general, los filósofos griegos no hacen distinción entre los planos físico y metafísico, por lo cual, por un lado, la noción de plenitud se confunde muchas veces con la de ser y, por otro, el concepto de vacío se confunde con el de no ser:

Éste (Leucipo) postuló los átomos como elementos innúmeros y en perpetuo movimiento, y que el número de sus figuras es ilimitado, porque no hay motivo para que sean de una forma y no de otra y por la observación de que la génesis y el cambio de los seres son ininterrumpidos. Afirmó asimismo que el ser no es más real que el no ser y que ambos son igualmente causa de las cosas que llegan a ser, ya que, supuesto que la naturaleza de los átomos es compacta y plena, decía que son el ser y que se desplazan en el vacío, al que llama no ser, si bien afirma que no es menos real que el ser. (Simplicio, Física, 28.4).¹⁰

Leucipo y su compañero Demócrito dicen que los elementos son lo lleno y lo vacío -llamando a lo uno ser y a lo otro no ser-, y que de estos lo uno es lleno y sólido, el ser, y lo otro vacío y sutil, el no ser, por lo que dicen que el ser no es más real que el no ser, porque tampoco el vacío lo es menos que el cuerpo. (Aristóteles, Metafísica, 985b4)

Como puede observarse, las discusiones en torno a la nada y el ser y al vacío y lo pleno estuvieron presentes durante varios siglos entre los filósofos griegos. Después de los atomistas los caminos de la filosofía llevarían a la síntesis aristotélica con lo cual el vacío quedaría relegado por varios siglos, al menos en la corriente filosófica dominante.

4. Conclusión

Hemos intentado contar, en forma muy reducida, el origen filosófica e históricamente polémico de nuestro cero. Vimos que en sus orígenes mesopotámicos era utilizado como un signo indicador de ausencia.

Varios autores (Capanna, 2000; Seife, 2000), entre otros, al tratar el origen del cero hacen mención a que los griegos lo conocieron cuando las tropas de Alejandro Magno conquistaron Babilonia, pero que, como este número estaba unido al vacío y a la nada, lo rechazaron. Pensamos que hacer afirmaciones como ésta es al menos arriesgado. Sostenemos que, en efecto, no hubo discusión acerca del cero en la antigua Grecia porque no hubo tal cero. Como hemos señalado más arriba, existe suficiente evidencia para poder sostener que hubo discusión filosófica en torno a la nada. Esta discusión llevó a la cuestión metafísica de la nada en relación al no ser y a la cuestión física de la nada en relación al vacío.

Las conclusiones que extraemos de los dos contextos mencionados, el filosófico y el físico, pueden ser ampliadas, por analogía, a un tercer contexto, que sería el matemático.

	Significativo	No significativo
Contexto filosófico	Ser	No ser
Contexto físico	Pleno	Vacío
Contexto matemático	Números	Cero

Al negar la posibilidad de existencia de la nada, se estaba negando también la posibilidad de representarla. En efecto, ¿qué necesidad hay de representar lo que no es? Pensamos que, de haber existido una discusión en torno al cero como número, debería haber quedado al menos un registro de ello. Al no haberlo, y sobre la base de fuertes argumentos filosóficos que rechazaron toda concepción de la nada, sostenemos que el cero no tuvo cabida en el pensamiento griego predominante. Aun los atomistas, que admitieron la posibilidad del vacío, siguieron en alguna medida las premisas de la escuela de Elea y trataron de congeniar el vacío con el ser, y no con el no ser.

Por otro lado, al separar los números de las formas y tratar a los números como entidades puramente abstractas, los matemáticos indios consiguieron representar la nada y de ese modo tuvo origen nuestro cero. Todo ello indica una transición primero del cero como elemento sincategoremático, y luego, del cero como uno más entre aquellos con categoría numérica. Es notable que la palabra que los indios escogieron para el este número es *sunya*, cuyo significado es “vacío”. Las raíces matemáticas indias están ocultas. Es probable que haya existido alguna influencia griega, egipcia y mesopotámica. Como sea, aun si hubo influencia de distintas culturas en otras áreas como la geometría o la astronomía, sostenemos que no fue así en el caso del cero.

Notas

1. En el año 607 de nuestra era el papa Bonifacio IV le pidió a Dionisio el Exiguo, un monje que era matemático, que calculara la fecha del nacimiento de Cristo. El año del nacimiento pasó a ser el año 1 del Señor. Recién en el siglo XVII se comenzaron a nombrar los años anteriores al 1 como años *antes de Cristo* (aC) y los posteriores como años *después de Cristo* (dC). Actualmente para fines astronómicos es necesario contar con el año cero, por lo cual los investigadores acordaron en llamar “año cero” al año 1 antes de Cristo. De esta forma, el año 2 aC es para los astrónomos el año -1 , y así sucesivamente.
2. “El documento más antiguo de la numeración india en Europa se encuentra en un monasterio al norte de España con fecha 976. Se conoce como *Codex Vigilanus* y allí se mencionan nueve símbolos con los que los indios representaban cada categoría de números a cada nivel” (Joseph. 1996: 422).
3. Cfr. Joseph. 1996: 425.
4. En el siglo VII Brahmagupta intentó dar reglas para las operaciones teniendo en cuenta el cero y los números negativos. Explicó que dado un número, si se lo resta a sí mismo se obtiene cero y dio además las reglas para la suma de cero y un número negativo y la suma de un número positivo y cero. Indicó que un número negativo restado de cero es positivo, un número positivo restado de cero es negativo, cero restado de un número negativo es negativo, cero restado de un número positivo es positivo, cero restado de cero es cero. Señaló que cualquier número multiplicado por cero es cero. En cuanto a la división, afirmó que un número positivo o negativo, cuando es dividido por cero, es una fracción con cero como denominador y que cero dividido por un número positivo o negativo es o cero o, expresado como fracción, el cero como numerador y una cantidad finita como denominador. Por otro lado, cero dividido por cero es cero. Esto evidencia que aun no existía claridad al respecto. En el año 830, Mahavira escribió *Ganita Sara Samgraha* donde afirma correctamente que un número multiplicado por cero es cero, y un número permanece igual si se le resta cero. Sin embargo sus intentos de mejorar las afirmaciones de Brahmagupta acerca de la división por cero aun no son correctas. Afirma que un número permanece sin cambio cuando es dividido por cero. Bhaskara, quien escribió unos 500 años después de Brahmagupta, sostiene que una cantidad dividida por cero se convierte en una fracción cuyo denominador es igual a cero. Esta fracción tiene como valor una cantidad infinita. Bhaskara intentó resolver el problema escribiendo que $n/0 = \infty$. Si bien a primera vista se podría pensar que estaba en lo cierto, es evidente que esto no es correcto ya que de serlo equivaldría a afirmar que 0 veces ∞ debe ser igual a cada número n ; por tanto todos los números serían iguales. (Cfr. O'Connor, J.J. and Robertson, E.F. (05/06/2015) *The MacTutor history of mathematics archive. A history of Zero*. School of Mathematics and Statistics, University of St. Andrews, 2007. Recuperado de <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/HistTopics/Zero.html>).
5. En cuanto a la fecha no hay coincidencia entre distintos autores. Algunos, como Cajori (1993) ubica la fecha alrededor del año 200 aC. En cambio Stewart dice que “en algún momento antes del 400 aC —se desconoce la fecha exacta— los babilonios introdujeron un símbolo especial para indicar una posición ‘ausente’ en su notación numeral. (...) Esta invención fue olvidada, o no fue transmitida a otras culturas.” (Stewart. 2008: 50).
6. La traducción es nuestra.
7. Cfr. Pajares, 2008: 156.
8. Pajares, 2008: 158.

9. Pajares, 2008: 85.

10. Tomado de Teofrasto, d7

Bibliografía

BURGUER, E. (2007) *Zero to infinity: A History of Numbers*. EEUU. Teaching Company.

CAJORI, F. (1928). *A history of mathematical notations* (Vol. 1). New York. Courier Corporation.

CAPANNA, P. (2010) *Inspiraciones. Historias secretas de la ciencia*. Argentina. Paidós.

CORDERO, N. (2014) *Cuando la realidad palpitaba: La concepción dinámica del ser en la filosofía griega*. Argentina. Biblos.

HUMER, A. (1994). *Zero to Lazy Eight: The Romance Numbers*. New York. Simon and Schuster.

JOSEPH, G. G. (1996). *La cresta del pavo real: Las matemáticas y sus raíces no europeas*. Madrid. Ediciones Pirámide.

PAJARES, A. B. (2008). *Fragmentos presocráticos: de Tales a Demócrito*. Madrid. Alianza Editorial.

PICKOVER, C. (2009) *El libro de las Matemáticas*. Holanda. Librero.

RIBAS MASSANA, A. (1997) *Biografía del vacío. Su historia científica y filosófica desde la Antigüedad a la Edad Moderna*. Barcelona. Destino

SEIFE, CH. (2000) *The biography of a dangerous idea*. EEUU. Penguin Group.

STEWART, I. (2008). *Historia de las Matemáticas en los últimos 10.000 años*. Barcelona. Crítica.

Ian Hacking y la “tecnociencia”

*Alan Arthur Rush**

Este trabajo se enmarca en el proyecto colectivo CIUNT H538 “*Tecnociencia, discurso y medioambiente*”. El término y concepto “tecnociencia” están sospechados de mezclar moda, ideología y realidad. Exploro su presencia en Ian Hacking para esclarecer tanto a la tecnociencia como a Hacking.

I

“Tecnociencia” refiere a lo que muchos estudiosos viven como un nuevo *contexto* tecnológico y social de la ciencia, y -más controversialmente- un nuevo *tipo* histórico de *cientificidad*. Suscitó una proliferación reciente de expresiones y teorías. Desde 1945 “ciencia organizada”, “ciencia industrial”, “Big Science” o “macrociencia”, etc.. Desde 1970 u 80 otras más: “tecnociencia”, “nuevo Modo 2 de producción de conocimientos”, “ciencia posnormal”, “ciencia post-académica”, “triple hélice de universidad, industria y gobierno”, etc..

Según Hottois (2006) y Echeverría (2003), el ejemplo paradigmático de la *Big Science* fue el Proyecto Manhattan, y el de la tecnociencia el Proyecto Genoma Humano. Tendencias que determinan el paso de una a otra: 1) Crítica a los ideales y valores de la modernidad, incluidos la imbricación de Estado y *Big Science*; 2) Neo- y ultra-liberalismo; 3) Privatización de la I&D; 4) Importancia de los aspectos operatorios, productivos de la ciencia, que subordinan los valores cognitivos a valores tecnológicos, económicos, políticos, etc.; 5) Auge de las TIC (tecnologías de información y comunicación), que según Echeverría son “el formalismo de la tecnociencia”.

El sujeto de la tecnociencia no es ya sólo la comunidad científica académica, sino el conjunto de actores científicos y tecnológicos ahora mayormente privados, y la multitud de consumidores y productores, ciudadanos, financistas, políticos, etc. que impulsan, utilizan, aceptan o rechazan los desarrollos tecnocientíficos. El sujeto tecnocientífico es extendido: en perspectiva global, planetario. Plural y conflictivo, dividido internamente por intereses a veces diametralmente opuestos, que pueden llegar a enfrentarse violentamente.

No hay espacio acá para revisar otras acepciones y dimensiones de “tecnociencia”. Constaríamos que en efecto hay allí tanto moda e ideología, como realidad.

II

La aparición de la *expresión* “tecnociencia” es tardía en Hacking, acontece desde 2007. Sin embargo, justificadamente Hacking ha sido reivindicado antes de 2007 por usuarios del término. Leemos al final de *Representar e intervenir*: “la ingeniería, no la teorización, es la mejor prueba del realismo científico acerca de las entidades ... (sigue una referencia a Marx y) lo

* Universidad Nacional de Tucumán

importante no es entender el mundo, sino cambiarlo” (Hacking 1996: 303, 1983: 274). En referencia a Kuhn: “Gran parte de la ciencia normal es aplicación tecnológica” (1996: 26, 1983: 7), lo que Kuhn rechazaría.

Hacking claramente reivindica el lado activo y aplicado de la ciencia, lo que lo aproxima al pragmatismo a lo Dewey (2007c, 41), filosofía que *prima facie* sería afin a la tecnociencia, aunque no necesariamente a su modalidad actual: entrelazamiento con el capitalismo, el armamentismo y tecnologías a menudo no amigables con el ambiente, etc.. Hacking (2007c) rechaza que se le llame pragmatista aunque... no del todo. Su aceptación gradual y reciente entusiasmo respecto de la tecnociencia, está en línea con su temprano llamado a un “movimiento de vuelta a Bacon”, y con su actual hobby: el condensado Bose-Einstein. Lo que destaca en la tecnociencia es la creación de nuevos fenómenos o entidades, por ej. sorprendentes fenómenos cuánticos bajo condiciones de ultrafrío artificiales, inexistentes en la naturaleza. Pero este obrar y crear, en Hacking, no pierde ataduras con una naturaleza que nos precedería y excedería (1983), o con esta o aquella entidad real particular descubierta por la ciencia (1983, 2007c).

En Hacking (2012a), introducción a la edición 50 aniversario del clásico de Kuhn (1), leemos:

“(Conmemoramos acá) ... el 50 aniversario de Estructura. Han pasado muchos años desde 1962. Las ciencias mismas han cambiado radicalmente. La reina de las ciencias ... era la física. Kuhn se había formado como físico (ix) ...

La Guerra Fría pasó hace mucho, y la física ya no es donde está la acción. Otro evento de 1962 fue el otorgamiento del ... Nobel a ... Crick y ... Watson por la biología molecular del ADN ... Ese fue el presagio del cambio. Hoy reina la biotecnología (2). Kuhn tomó a la física y su historia como su modelo. Usted deberá decidir ... (si) lo que dijo acerca de las ciencias físicas vale para el exuberante mundo actual de la biotecnología. Agregue la ciencia informática ... lo que la computadora ha hecho a la práctica de la ciencia. Incluso el experimento no es lo que era, ... ha sido modificado y en alguna medida reemplazado por la simulación computacional. Y ... la computadora ha cambiado la comunicación ... Hoy el principal modo de publicación es el archivo electrónico (ix)”.

Kuhn (1976) postuló dos tradiciones en la historia de la física moderna, para agregar una segunda revolución científica del siglo XIX que matematizó a las “ciencias baconianas”. Hacking (2012a) vincula ésta a la revolución industrial, e introduce el término “tecnocientífico”:

“El calor, la luz, la electricidad y el magnetismo adquirieron paradigmas ... Esto coincidió -y fue de la mano- con lo que llamamos la revolución industrial ... (Q)uizá ... ése fue el comienzo del moderno mundo tecnocientífico en que vivimos (xiii) (3).

En otro texto de esa misma época y temática, Hacking (2012b), leemos:

Entrevistador: ¿Cómo ha cambiado la biología la dinámica de hacer ciencia desde la época de Kuhn?

Hacking: Mucho trabajo en las contemporáneas ciencias de la vida es mucho menos impulsado por la teoría y mucho más impulsado por la técnica que lo ocurría en la física, que era la ciencia de Kuhn hace 50 años. Kuhn mismo pensaba que toda la acción estaba en la teoría ... (P)ero lo que realmente ha importado allí son nuevas técnicas para intervenir en el curso de la vida (4).

Hasta acá no apareció “tecnociencia” sino “mundo tecnocientífico”. Además, su asociación con la biotecnología, una disciplina específica. Recordemos que Hacking defiende la “desunidad” de las ciencias, rehúye las generalizaciones sobre *la* ciencia y prefiere hablar de una disciplina a la vez, caso por caso. Por ello, ha de preferir hablar de esta o aquella tecnociencia y no, o no tanto, de la tecnociencia o lo tecnocientífico en general.

En Hacking (2007a: 13), encontramos:

El Profesor Chen ... me escribió diciendo “Algunos amigos de CTS sugieren que usted hable un poco acerca de ... la tecno-ciencia Este-Asiática ...”.

Lo lamento, pero no tengo una visión coherente ni muy bien informada. Simplemente no conozco lo suficiente acerca de la tecnociencia Este-Asiática. (Visitaré) ... dos laboratorios que crean el condensado de Bose-Einstein acá en Taiwán. Pero no son, aún, tecnociencia Este-Asiática. Están haciendo tecnociencia occidental ... Sus investigadores líderes se entrenaron ... en el MIT ... (5).

III

Hasta acá, presenté pasajes de Hacking en que a) simplemente *constata* sin examinar en detalle, ni valorar positiva o negativamente, la existencia de fuertes novedades en las prácticas, los instrumentos (computadoras, etc.), b) afirma la existencia de “un mundo tecnocientífico” sin explicarlo, c) afirma la existencia de tecnociencias occidentales y un ejemplo de ella: el condensado BE, d) *sugiere* una afinidad no aclarada entre los cambios a), b) y c), y e) sugiere pero no afirma que la biotecnología es una tecnociencia.

Profundizando en Hacking (2007a), encontramos nuevas precisiones. La segunda sección se titula “El laboratorio biotécnico” (*The Biotechnical Laboratory*). Hacking ya rotula implícitamente pero de modo suficientemente claro, a la biotecnología como tecnociencia.

Conceptos sustantivos adicionales: i) La pertenencia de la biotecnología, al “estilo de laboratorio de pensar & hacer ciencia”, que anunciaba el título de la sección; ii) La biotecnología ha pasado de las universidades a las empresas privadas como centros más dinámicos; iii) Hay una *gran diferencia* entre la planificación y gestión de la producción tecnocientífica y los criterios de legitimación de lo producido, en el laboratorio académico, comparado con lo que Hacking llama, sorpresiva y espectacularmente, el “*laboratorio capitalista*” de la tecnociencia; iv) En el “laboratorio capitalista”, la medida (¿principal?) del éxito es el producto patentable, no el referato científico de pares. Los ricos biolaboratorios de Asia, exigen un doble control:

referato científico -que las revistas americanas “dan generosamente”-, y control tecnológico y patentamiento del producto (6); v) En Asia -Hacking se excusa de pasar de Taiwán a China continental- la biotecnología tiene un régimen de *Big Science* estatal con fondos exuberantes y escaso control administrativo, como antes el Proyecto Manhattan en Occidente (Hacking 2007a: 15-16).

Hasta acá, Hacking agregó 1) Un ejemplo concreto más de tecnociencia, la biotecnología, después del inicial ejemplo del condesado BE, 2) Nuevos aspectos socio-económicos de la institucionalización de la tecnociencia, y 3) *Ténues sugerencias* de posibles problemas de calidad epistémica y moral de la tecnociencia (7).

IV

Contrastando con los pasajes principalmente *constatativos* acerca de la tecnociencia biotecnológica, encontramos otros en que hay explícitas expresiones de preocupación, y aún fuertes condenas *valorativas*. Hacking se preocupa de la posible intervención modificadora del genoma de la especie y los individuos humanos (Hacking 2009a: 5). Extiende la preocupación a las biotecnologías animales: inseminación artificial, clonación, manipulación de células madre, y en algunos casos expresa indignación (Ibíd, 5-6). Hacking además destaca que C.S. Lewis, Habermas y Fukuyama proponen el control, ante la posibilidad de que la biotecnología se desboque: “Su demanda de regulación y control de la iniciativa biotecnológica, o a veces su rechazo, es robusto, en el sentido técnico del término” (Ibíd, 14).

También en su conferencia de Córdoba, Hacking expresó preocupación tecnológica y *política* por la polución, el cambio climático y los OGM (2007b: 3). Escala hacia la idea de un posible activismo contra la universidad de Harvard que crea, patenta y comercializa “monstruosos oncoratones” “deliberadamente fabricados para enfermar, sufrir y morir” (2008b: 148-9).

V

Ahora tenemos lo siguiente: 1) Pasajes casi puramente descriptivos -y relativamente imprecisos-, no valorativos, de tipo histórico (estamos ante un nuevo régimen de prácticas característico de nuestra época y que a lo sumo se origina en el siglo XIX), socio-económico (la tecnociencia está fuertemente, aunque no exclusivamente, vinculada al capitalismo) y epistemológico (la biotecnología es una modalidad del modo experimental de pensar y hacer ciencia, etc.) acerca de tecnociencias particulares, especialmente biotecnologías y -sin análisis justificatorio- el condesado BE. Además, 2) “Vivimos en un mundo tecnocientífico”, lo que significaría que vivimos rodeados de productos, prácticas e instituciones de las tecnociencias; 3) Pasajes que expresan intensa preocupación y aún fuertes condenas a desarrollos biotecnológicos por sus efectos sobre animales y el medio ambiente, y potencialmente la especie y los individuos humanos. En los textos 1-2), entonces, hay descripciones imprecisas y axiológicamente neutras, y en los 3), encendidas protestas y condenas sin mayores análisis de las prácticas, instituciones y aspectos epistemo-tecnológicos de las tecnociencias referidas. Empero, una lectura muy atenta de los textos 1) permitió al menos

conjeturar posibles *reservas* de Hacking acerca de la calidad epistémica de algunos biolaboratorios exitosos económicamente, y en un texto de tipo 3) hemos leído algo del mayor interés, aunque no desarrollado: hay recomendaciones de regular o discontinuar determinados desarrollos biotecnológicos, que no serían *robustas* tecnológicamente, es decir que algunas biotecnologías podrían no ser robustas, o si lo son, podrían ser “robustamente dañinas”.

Hacking es un epistemólogo de obra magistral. También un filósofo apasionado ético-políticamente. Pero reacio a internarse en la *relación* de estas dos dimensiones. Las diferencias y aparentes contradicciones entre los textos de tipo 1-2) y 3), me llevaron a buscar en su obra intentos de ahondar en la relación referida. La pregunta es ¿No habría en su obra, textos en que esas dimensiones tratadas separadamente, se imbriquen más estrechamente, y que lo hagan abriendo perspectivas de reflexión crítica y reconstructiva de algunas disciplinas y formas históricas de hacer ciencia?

Hay dos conceptos de Hacking que alimentan esta expectativa: a) el término “intervención”, que invita a ser tomado en un sentido amplio, pero no es nunca explícitamente definido o caracterizado: caen bajo él experimentar, medir, interferir, influenciar, desplegar, crear, etc.. Aunque trata principalmente la física y propagandiza la actividad experimental, el famoso libro de 1983 no se llama después de todo *Teoría y experimento*, sino *Representar e intervenir*. La intervención cognitivamente fecunda en la naturaleza -de los hombres en general, y los científicos en particular- *no se reduciría* al experimento en el laboratorio físico, o a sus irradiaciones hacia otras disciplinas y contextos; b) El concepto de “estilos de razonamiento” -que Hacking tomó del historiador de la ciencia A. C. Crombie y desarrolló a su manera-, ha sido acogido con interés, porque enfatiza la variabilidad histórica, la riqueza -y según Hacking la complementariedad- de los modos de razonar científicamente. Los seis o más estilos, señala Hacking, nacen de los intereses y posibilidades cognitivas naturales y sociales, en el devenir histórico-cultural. Los estilos nacen y mueren. Nuevos estilos pueden nacer en el futuro de la ciencia, quizá están apareciendo embrionariamente ya. Determinadas culturas históricas pueden censurar o ahogar estilos fecundos de razonamiento en estado embrionario o incluso casi maduros, si no convienen a los intereses dominantes (Hacking 1982). Cada estilo nace generalmente de *una* disciplina de exuberante desarrollo, pero se revela fecunda aplicándose a otras, de modo que a medida que la historia de la ciencia se despliega en el tiempo, tenemos una rica reserva de diversos estilos complementarios, y nuevas disciplinas suelen emplear más de un estilo, a veces todos ellos.

Los estilos de Hacking tienen por un lado un aspecto formal, kantiano, en el sentido de que orientan y posibilitan, pero a la vez restringen las posibles cuestiones, relaciones y objetos que se abren en él. Pero, aclara Hacking, se trata de *aprioris históricos* en el sentido de las *epistemes* de Foucault, y en tal sentido contingentes en su estructura, emergencia y permanencia.

Otro tipo de *a priori* histórico, que Hacking emplea menos, es el de *forma* de una ciencia. Se trata de condiciones formales posibilitantes y a la vez restrictivas, pero *de una sola* disciplina o proyecto investigativo o de desarrollo. Cada estilo suele abarcar muchas disciplinas y formas,

y la lista de seis estilos de Crombie que Hacking adopta, cubriría todas las disciplinas y formas existentes hasta el momento (Hacking 1986), aunque como se dijo, está abierta a nuevas incorporaciones.

¿Será acaso -para Hacking, para nosotros- la tecnociencia un nuevo *estilo* o *forma* de ciencia?

Preguntábamos arriba por un posible texto de Hacking que sintetice sus consideraciones descriptivas y valorativas acerca de ciencias o tecnociencias contemporáneas. Encontré un solo pasaje tal, muy notable. Ocurre hacia el final de Hacking (1988: 153-4), a propósito de considerar la reciente filosofía del experimento físico a la luz del feminismo de biólogos o ecologistas como Fox Keller y Merchant.

El texto merece ser citado literal y extensamente, pero la falta de espacio lo impide. Un resumen inevitablemente sacrificará matices y la elocuencia del original.

Según Hacking así como el experimentalismo heredado de Bacon y sus continuadores formaba parte de una cultura y relación con la naturaleza fechadas históricamente y que hoy tendemos a mirar críticamente, también el nuevo experimentalismo en filosofía y CTS (el de Franklin, Gooding, Pickering, Shapin y Schaffer, el propio Hacking, etc.) tiene vasos comunicantes con otra cultura y otra visión de nuestra relación con la naturaleza. La tradición baconiana heredada “inauguró la agresiva imagen del amo y el esclavo, del amo macho que más que levantar el velo, interfería con su Amante la Naturaleza” (Hacking 1988: 153). Al proyectar esa actitud hacia la naturaleza, resultaba una ontología de mecanismos, gatillos y blancos (targets) que Hacking resume en la expresión *macho militarism*, machismo militarista. Esta ontología, Hacking la atribuye a la tradición desde Bacon hasta James Clerk Maxwell y más acá, y considera que en nuestra toma de conciencia y distanciamiento crítico ha sido crucial el aporte del feminismo político y epistemológico. Aunque Hacking no lo explicita, la nueva visión que sueña con asociar al nuevo experimentalismo filosófico y CTS sería no sólo feminista -o igualitarista de género- sino ecologista. Supone una nueva visión de la naturaleza y de nuestra actitud para con ella. Ya no una actitud altiva y distante de control mecánico y uso depredador, sino de inclusión, hermandad y colaboración. Hacking no sólo sueña con una reorientación futura del experimentalismo y su filosofía, sino que anticipa su emergencia efectiva y al parecer cercana en la actual cultura científica y popular, en las nuevas relaciones igualitaristas entre sexos y géneros, y ecológicas-complejas para con la naturaleza (aunque tales términos no se empleen).

La física es castigada como “viejo bastión de la teoría y de la unidad” (Ibíd, 154), pero la biología y otras ciencias liberadas de la obsesión de imitarla, podrán encarnar la nueva visión más incluyente y colaborativa respecto de una naturaleza más compleja, irradiando hacia el conjunto de las ciencias virtudes epistémicas y humanísticas: estabilidad sin fundamentos, unidad en la diversidad disciplinaria, realismo con un mínimo de subjetivismo, en fin “humanismo experimental”.

Este notabilísimo texto ¿qué luz echa sobre la cuestión de la tecnociencia como un eventual

nuevo estilo o forma de hacer ciencia?

En ese mismo artículo, Hacking hace varias alusiones a los estilos de razonamiento en el sentido de Crombie. Nos interesa especialmente la alta valoración del libro de Shapin y Schaffer sobre Hobbes, Boyle y la bomba de vacío, que narra según Hacking la emergencia del nuevo estilo experimental (1988:149).

A la luz de la cita de Hacking (1988), es *posible* interpretar que si Boyle y otros como él inauguraron un estilo experimental físico-*mecánico* de investigación de laboratorio, las especulaciones y esperanzas de Hacking sobre *otro posible tipo de investigación de laboratorio*, apuntan a un posible, incluso embrionario, nuevo estilo *no mecanicista* de pensamiento & acción científicos. Ya que ese nuevo experimentalismo biológico -mejor “intervencionismo biológico”-, tendría muy fuertes e irradiantes aspectos innovadores y progresistas.

Parece posible suponer que Hacking en 1988 desea y ve venir un cambio de gran alcance en el *conjunto* de la cultura científica, con foco de irradiación en la biología y en nuevas relaciones entre los sexos y géneros, y con la naturaleza. Por su novedad y amplitud, semejante cambio podría constituir -es lo que me sugiere el texto- no sólo un nuevo *estilo* biológico y físico, sino también una suerte de *episteme* epocal a lo Foucault. Nuevo estilo si se tratara de un nuevo pensamiento-acción *complejo* -en el sentido de Edgar Morin (1977-2004) y otros- de lo natural co-producido por y entrelazado con, lo socio-cultural hasta incluir las cuestiones de género, y nueva *episteme* epocal si es que, como sí afirma Hacking, tendría la fecundidad de organizar de modo no reduccionista el conjunto de las ciencias. Lo cierto es que Hacking *no* llama a ese cambio deseable y en curso, ni un nuevo *estilo* que se sumaría a los seis de Crombie, ni un cambio de *episteme* general. A mi juicio, es lamentable que no desarrollara su reflexión en tal dirección.

Para ir concluyendo: si Hacking no es ajeno a la idea de grandes cambios generales, o más restringidos, de modos de pensar y hacer en ciencia, e incluso sugirió en 1988 un cambio de gran alcance -de estilo y de *episteme*-; y dado que desde 2007 hasta 2012 ya no sueña sino que *constata* un cambio fuerte con el surgimiento de algunas tecnociencias -biotecnología y condensado BE- y en nuestro “mundo tecnocientífico”, entonces i) ¿El cambio constatado en 2007-12, es el *mismo* que Hacking sugería en 1988?, y ii) Aún si la respuesta a i) es negativa ¿Los fuertes cambios tecnocientíficos constatados en 2007-12 podrían o deberían ser rotulados por Hacking, como cambios de estilo o *episteme*?

VI

Intentemos afirmar i): algunas tecnociencias existentes cumplen con la esperanza de Hacking (1988), -de color biologista y ecologista, igualitarista de género y pluralista epistemológicamente-.

Apelemos a Schweber y Wächter (2000). Hablan de “Hacking-type revolutions” que además de incluir la emergencia de uno o más estilos de pensar & hacer ciencia, afectarían a muchas disciplinas, y suscitarían importantes cambios tecnológicos y culturales. Las “revoluciones a lo Hacking” serían cambios de *estilo*, tendientes a cambios de *episteme*, de prácticas y tecnologías. Sostienen que hoy el pensamiento complejo tratado computacionalmente, es eso.

Dijimos que en Hacking (1988), hay una cierta visión *compleja* de la biología y la ecología -frente a cuya riqueza la física aparece como un bastión simplista y conservador-. El pensamiento complejo aún en su tratamiento computacional, se inspiró y sigue haciéndolo, en desarrollos biológicos y biotecnológicos, y viceversa.

Sin embargo, hay comparativamente más razones para derribar ese puente entre el Hacking de 1988 y el actual. El actual no parece especialmente interesado en las ciencias o filosofías de la complejidad. Además, aunque Hacking sigue defendiendo los valores igualitarios de género, ecologistas, etc. -como manifestaron algunas de sus protestas anti-biotecnológicas-, parece haber *disociado* esos valores “no-cognitivos” de algún posible o deseable cambio de estilo parcial o *episteme* global en las ciencias (Hacking 2002: 20). Además, siendo Hacking un defensor de la “desunidad” de las ciencias, llamar “revolución a lo Hacking” a un cambio de estilos y tecnologías bajo una *episteme* global, es forzar la mayor parte de sus textos, excepto aquel de 1988. Finalmente, como tecnociencia más dinámica, la biotecnología va incorporando la complejidad computacional, y dado que según Hacking frecuentemente viola los valores ecológicos, éticos, etc., ello también socavaría el puente de Schweber-Wächter.

ii) ¿Cuál sería entonces el estatuto de la tecnociencia, o de la biotecnología, según Hacking? No sería un *nuevo* “estilo de pensar & hacer” en biología, como el que podría sugerir el texto de 1988. Hacking (2007a) afirma: es una modulación de un estilo *existente*, el “estilo de laboratorio”. La biotecnología contemporánea sería nueva pero no tan radicalmente nueva ni ampliamente irradiante como para instituir un nuevo estilo.

Hay más. Un rasgo importante de los estilos a lo Crombie-Hacking, es su *estabilidad*. Cada estilo fecundo históricamente emergente, perdura y deja en pie los anteriores. Demuestra estabilidad en la larga duración. Ahora bien, hemos encontrado un pasaje en que Hacking sugiere dudas sobre la *robustez* de algunos desarrollos biotecnológicos, y otro en que parece dudar de la *calidad epistémica* de algunas investigaciones y referatos biotecnológicos. Mal podría la biotecnología inaugurar una nueva *modalidad irradiante* del estilo experimental de pensar-hacer ciencia, si está sospechada de inestabilidad tecnológica y epistémica en su *forma* de origen.

Hacking (2007a) refiere al uso por Shapin y Schaffer, en los estudios CTS, de expresiones de Wittgenstein: “juegos de lenguaje” y “formas de vida”: “Ellos enseñan que el programa experimental de Boyle fue, en expresiones de Wittgenstein, un nuevo ‘juego de lenguaje’ y una nueva ‘forma de vida’ ” (7).

Hacking llama a la cautela en el uso de expresiones de su filósofo más admirado (el segundo es Foucault). Aunque no de modo claro, parece afirmar que el experimentalismo de Boyle es una variante espacio-temporal-culturalmente modulada de un intervencionismo experimental más amplio, emergente en muchos lugares y épocas en el planeta. Si tomamos esa variante local como norma, nos dificultamos percibir los cambios que atravesó la forma de vida del laboratorio en el siglo XVIII por su relación con el comercio y la industria, en nuestros días en la biotecnología capitalista, etc., cambios imbricados con juegos de lenguaje que van desde el mecanicismo matemático moderno temprano, hasta el cálculo, la simulación y comunicación

computacional actuales.

Hacking cierra así su (2007a), en referencia a la biotecnología: “He mencionado la expresión ‘forma de vida’ y he declinado usarla demasiado. Pero acá tenemos una *nueva forma de ciencia* practicada dentro de lo que parece natural llamar una *nueva forma de vida*” (16, mis cursivas).

Resumiendo, aunque en ocasiones Hacking es ambiguo frente a distinguir ciencia de tecnociencia, y es cauteloso en *conjuguar* sus descripciones y valoraciones, sin embargo en algunos textos señala un cambio histórico cualitativo. La tecnociencia biotecnológica en los laboratorios capitalistas, nació dentro del estilo moderno de laboratorio académico-científico de pensar y hacer, pero imprimiéndole una transformación cualitativa como *forma* de pensamiento e intervención, y como forma de vida (tecno)científica. En tanto esa nueva forma tecnocientífica particular parecería sospechada por Hacking de inestabilidad: presuntas caídas de su calidad epistémica, falta de robustez técnica, no la honra con el título de nuevo *estilo* irradiante multidisciplinariamente, ni mucho menos de nueva *episteme* epocal. Hacking el cauteloso parece mantenerla bajo observación, con pronóstico reservado, dejando abierto un posible diagnóstico de enfermedad tecnoepistémica incurable.

Pero tal diagnóstico vale para Hacking (2007a), la versión no editada de la 3ª Conferencia de Taiwán. En Hacking (2009b), la versión editada con modificaciones, se agrega una breve sección final adicional, que gira abruptamente hacia un diagnóstico favorable. Las reservas tenuemente sugeridas sobre calidad epistémica y robustez tecnológica de algunos textos, las fuertes condenas morales de otros, caen en favor de un baconianismo exultante frente a la creación de novedades radicales:

S&S (Shapin y Schaffer) enseñan que ... “laboratorio” ..., emergió con un modo de hacer ciencia y una forma de vida ... en el siglo XVII. Hablar de laboratorios de alquimia previos es ... un anacronismo. Los laboratorios químicos ... no eran la continuación suave del gabinete del alquimista. Pero quizá los nuevos laboratorios de biotecnología nos conduzcan a ver las cosas de otra manera. Los gabinetes alquímicos eran para producir nuevas y a menudo milagrosas sustancias. Para eso exactamente son los laboratorios biotecnológicos. No son principalmente para descubrir lo que es verdadero, sino para descubrir cómo hacer cosas. Son para fabricar, y el decir la verdad es un mero instrumento en el ... proceso de transformar viejas sustancias en nuevas. Y sí, esto es pensamiento científico, para hablar como Crombie. Pero es pensar en una nueva clave (128).

Son notables las oscilaciones de Hacking. Luego de caracterizar a la biotecnología sólo como una nueva *forma* de pensar & hacer ciencia, presuntamente incapaz de irradiar como nuevo *estilo*, se inclina ahora hacia la afirmación contraria ¡mención de Crombie incluida! Pero ... vacilando finalmente, al incluir a la biotecnología en la sorpresiva y no-definida, por tanto ambigua, categoría de pensar y hacer en una nueva ... ¡clave (*key*)!

Notas

1. Excepto Hacking (1996), las traducciones son mías. Acá uso el original, Hacking (2012a). El FCE difundió Hacking (2012b), traducción de Dennis Peña. Kuhn (2013), edición 50 aniversario, incorpora el ensayo de Hacking (2013), nuevamente traducido por Peña. Las versiones tienen diferencias, pero ambas cometen el error señalado en nota 2.
2. En ambas versiones de Peña leemos: “hoy la biotecnología es la *ciencia* que manda” (Hacking 2012b: 7 y 2013: 12, mi énfasis). Importante error, que el ambiguo Hacking facilita. Pero el texto original es “Today biotechnology rules” (2012a: ix). El conjunto del ensayo introductorio, así como otras entrevistas y conferencias de 2012, caracterizan a la biotecnología -tácita pero reconociblemente- como *tecnociencia*, más que como *ciencia*.
3. Adviértase que un poco antes en el texto, Hacking habló de “el exuberante *mundo* biotecnológico de hoy”, lo que sugiere que lo biotecnológico = un caso de lo tecnocientífico.
4. Sin paginación, texto en Internet. Intento mostrar el interés y uso por parte de Hacking, del término y concepto “tecnociencia”, más marcado en Hacking (2007a), como veremos. Pero hay otros materiales en tal sentido. Así, en Hacking (2011), escuchamos que las ciencias hoy finalmente se ocupan de la identidad personal. “Pero no cualquier ciencia, ciertamente no la ciencia pura. La biotecnología es la nueva reina de la ciencia y la tecnología, o de lo que algunos llaman ‘tecnociencia’ -excelente palabra-”.
5. En Hacking (2008a) -leído en 2006-, y en Hacking (2006) -leído en 2005-, es decir anteriores a Hacking (2007a), se reflexiona en detalle sobre el condensado BE. Pero, es llamativo, Hacking *no* rotula al CBE como “tecnociencia”, no usa el término en absoluto.
6. Desde luego generosidad de las revistas en *proveer referato* no equivale a predisposición a entregar *dictámenes favorables*, pero el texto de Hacking respira ambigüedad e ironía, en mi impresión.
7. Hacking en ese texto -que no tengo espacio para citar- concede en general el rango de “empresas de capital de riesgo” a las promotoras de tecnociencia, cuando algunas como por ej. *Monsanto*, son casi monopólicas en el mercado de semillas transgénicas. Su éxito a menudo no se ajusta a normas éticas, legales ¡ni científicas! como ha documentado ampliamente Robin (2008).

Bibliografía

- ECHEVERRÍA, J. (2003). *La revolución tecnocientífica*. Madrid: Fondo de Cultura Económica de España.
- HACKING, I. (1982). Language, Truth and Reason. En Hollis, M. y Lukes, S. (eds.): *Rationality and Relativism* (pp. 48-66). Cambridge: MIT Press.
- HACKING, I. (1983). *Representing and Intervening. Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*. Cambridge, etc.: Cambridge University Press.
- HACKING, I. (1986). Weapons Research and the Form of Scientific Knowledge. *Canadian Journal of Philosophy*, suppl. 12, 237-262.
- HACKING, I. (1988). Philosophers of Experiment. *Philosophy of Science Association*, 2, 147-156.
- HACKING, I. (1996). *Representar e intervenir*. México, etc.: Paidós y UNAM.
- HACKING, I. (2002). ‘Vrai’, les valeurs et la science. *Actes de la recherche en sciences sociales*.

141-2, 13-20.

- HACKING, I. (2006). Another New World Is Being Constructed Right Now: The Ultracold. En *The Shape of Experiment*. Preprint 318, Berlín: Max-Planck Institut für Wissenschaftsgeschichte (pp. 15-43).
- HACKING, I. (2007a). The Laboratory Style of Thinking and Doing. 3ª Conferencia de Taiwán, 09/11/2007, sitio web de la *National Taiwan University* <http://phdforum.im.ntu.edu.tw/961/PhD_Forum_Conference_Information_071109/The%20Laboratory%20Style%20of%20Thinking%20and%20Doing.pdf>.
- HACKING, I. (2007b). Les philosophes des sciences et les secrets de la nature. Conferencia *Doctor Honoris Causa UNCórdoba. La Lettre du Collège de France*, nº 20, 2007, pp. 39-42.
- HACKING, I. (2007c). On Not Being a Pragmatist: Eight Reasons and a Cause. En Cheryl Misak (ed.). *New Pragmatists*. Oxford, Nueva York, etc.: Oxford University Press (pp. 32-49)
- HACKING, I. (2008a). Philosophy of Experiment. Illustrations from the ultracold. En *Filosofia e História da Ciência no Cone Sul*. Campinas: AFHIC (pp. 17-29).
- HACKING, I. (2008b). Deflections. En Stanley Cavell et al. *Philosophy & Animal Life*. Nueva York, etc.: Columbia University Press (pp. 139-172).
- HACKING, I. (2009a). The Abolition of Man. *Behemoth. A Journal on Civilisation*, 3, 5–23.
- HACKING, I. (2009b). *Scientific Reason*. Taipei: National Taiwan University. (Versión impresa, con modificaciones, de 2007a).
- HACKING, I. (2011). The New Me. What Biotechnology May Do to Personal Identity. conferencia Derry, 24/10/2011, Huron University College, <<https://www.youtube.com/watch?v=RGNfp8YXtS0#t=49>>.
- HACKING, I. (2012a). Introductory Essay. En T. S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, 4th (50th Anniversary) Edition (pp. vii-xxxviii). Chicago y Londres: The University of Chicago Press.
- HACKING, I. (2012b). 50 años de *La estructura*. (Trad. de Hacking 2012a, por Dennis Peña). *La Gaceta del Fondo de Cultura Económica*, 501, 6-12.
- HACKING, I. Y STIX, G. (2012c). A Q&A with Ian Hacking on Thomas Kuhn's Legacy as 'The Paradigm Shift' Turns 50. *Scientific American*, 27/04/2012. <<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=kuhn>>.
- HACKING, I. (2013). Ensayo preliminar (trad. Dennis Peña). En T. S. Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas*, 4ª edición (pp. 9-51). México: Fondo de Cultura Económica.
- HOTTOIS, G. (2006). La technoscience: de l'origine du mot a ses usages actuels. *Recherche en soins infirmiers*, 86, 24-32.
- KUHN, T.S. (1976). Mathematical vs. Experimental Traditions in the Development of Physical Science, *Journal of Interdisciplinary History*, 7, 1, 1-31.
- MORIN, E. (1977-2004). *La méthode*. París: Seuil, 6 volúmenes.
- ROBIN, M.-M. (2008): *Le monde selon Monsanto, De la dioxine aux OGM, une*

multinationale qui vous veut du bien. Paris: La Découverte.

SCHWEBER, S. Y WÄCHTER, M. (2000). Complex Systems, Modelling and Simulation.
Studies in the History and Philosophy of Modern Physics, 31 (4), 583-609.

La fuerza normativa de los estados mentales y la justificación: una crítica a Millar

Nicolás Sánchez *

En el presente trabajo evalúo la propuesta de Millar (2004) acerca del papel que las creencias, deseos e intenciones juegan a la hora de explicar la acción y, de modo más general, su rol normativo. Sostengo que los argumentos que plantea Millar para defender que los estados mentales no deben justificar la acción para explicarla, no son correctos. Por una parte (i) descansan sobre una noción demasiado laxa de estado mental normativamente adecuado, y (ii) su propuesta nos deja con resultados poco satisfactorios a la hora de explicar la acción. Luego, y con el fin de sostener que la relación de justificación puede no ser la única relación normativa relevante que medie un estado mental y una acción, expongo brevemente la propuesta de Gert (2003, 2004).

En la primera sección expongo los argumentos por los cuáles Millar cree que el rol justificatorio no es un rol esencial en nuestras creencias, deseos e intenciones a la hora de explicar normativamente la acción. En la segunda sección, expongo algunas objeciones por las cuáles los argumentos de Millar no parecerían ser suficientes para probar el punto. Allí, el argumento se desarrolla de la siguiente manera: i) trataré de mostrar que hay algo erróneo en la caracterización que Millar propone de las razones normativas y de la justificación en general; ii) intentaré mostrar, que una vez que aceptamos una concepción *enriquecida* de razones normativas, la propuesta de Millar en contra de la necesidad de la justificación para explicar la acción racional, ya no resulta satisfactoria.

En la sección final, concediendo el punto a Millar -acerca de que la fuerza normativa de los estados mentales no debiera ser identificada con su rol justificatorio- propongo retomar los aportes de Gert (2003, 2004) y su distinción entre razones que justifican y razones que requieren.

El objetivo de este trabajo es, por un lado, avanzar en la clarificación de la explicación normativa de la acción, y por otro, mostrar la plausibilidad de mantener a la vez *que las razones normativas para la acción no deban ser identificadas con el rol justificatorio*, y a su vez *que éste rol puede jugar un rol esencial en la explicación de la acción*.

La propuesta de Alan Millar: estados mentales con fuerza normativa que no justifican

En dos escritos (Bermúdez & Millar, 2002 capítulo 5; Millar, 2004 capítulo 2) Millar defiende que un estado mental con fuerza normativa adecuada para que un agente haga *A* no necesariamente *justifica A*. Con esto no quiere negar que la relación de justificación forme parte de las explicación normativa de la acción, sino que no es la *esencial* para analizar normativamente el comportamiento de los agentes. Como alternativa, Millar pone énfasis en los *compromisos* que los agentes adquieren al tener *intenciones* para llevar a cabo una acción¹.

* Universidad Nacional de Córdoba

Millar considera que, tradicionalmente, se han identificado a los estados mentales con fuerza normativa a su rol justificatorio, pero que esto ha sido un error de la tradición en las discusiones sobre la razón práctica. Su estrategia argumentativa consiste en remarcar este error mediante la exposición de distintos ejemplos donde pretende mostrarse que muchas veces *no hay justificación para una determinada acción*, aunque sí hay una explicación normativa de la misma. Por lo tanto, si Millar está en lo correcto, las dos clases de explicaciones deben distinguirse. Pero entonces, si hay estados mentales con fuerza normativa que no justifican, ¿qué otro/s rol/es pueden jugar? ¿Cómo explicar estos casos? Ante esta pregunta, Millar recurre a las intenciones y a los compromisos que mediante ellas se generan, para mostrar que esto es todo lo que se requiere para hacer inteligible –esto es, normativamente inteligible- la acción de los agentes.

Para Millar, las razones normativamente adecuadas son consideraciones que “representan a una acción como siendo favorecida de cierta manera”.² (2004, p. 58). Son normativamente evaluables por el hecho de que podemos reconocer que existe un estado mental que provee de una razón para llevar a cabo la acción y la relación entre la acción y la razón. A su vez, la justificación es concebida por Millar como análoga a la justificación en conexión con la creencia. Es decir, una acción A está justificada si los estados mentales que la sustentan permiten excluir todos los casos de no-A.

A partir de esta descripción de la justificación, Millar expone dos tipos de ejemplos donde no está claro que la acción esté justificada, debido principalmente a que no hay una prescripción que permita justificar un curso de acción, *y sólo uno*, entre otros posibles. El primero de ellos concierne a acciones donde se ‘pesan razones’ (Broome, 1999), en particular acerca de qué hacer con el tiempo libre:

Ejemplo 1

“Alguien me dice que Prado merece ser visitado ya que tiene numerosas pinturas pertenecientes a los grandes maestros del arte español. Pienso que visitar este museo sería agradablemente edificante y tomo eso como una razón para visitarlo. [...] Dado que tener tal experiencia es algo positivo, visitar el museo sería algo que vale la pena hacer. ¿Deberíamos decir que esta razón me provee con algún tipo de justificación para ir? No es obvio que lo haga –no, de todas formas, si la justificación es concebida como siendo análoga a la justificación en conexión con la creencia. [...] El hecho de que la visita sería agradablemente edificante es una razón para visitar el museo, pero no tiene que ser una razón que justifique el realizar la visita como opuesto a algo más, porque la situación no necesita ser una en la que hay algo correcto para hacer.”(Millar, 2004: pág. 58)

En el segundo caso, se trata de un razonamiento que involucra medios y fines:

Ejemplo 2:

Supóngase que tengo intenciones de comprar un diario y puedo hacerlo en la tienda de la esquina. Esta consideración, entiendo, me provee de una razón para ir a la tienda. Me recomienda ir a la tienda, pero sólo en tanto le da un punto instrumental a mi ida. Parece exagerado hablar de estas razones como justificando mi ida a la tienda. Esto no es porque no provean de justificación suficiente. La acción no requiere justificación, dado que no

necesita haber nada en la situación que lleve a considerar que lo correcto es ir a la tienda antes que hacer otra cosa. (Millar, 2004: pág. 59)

Millar reconoce contextos en los que la justificación de nuestras acciones *sí hace falta*, por ejemplo cuando necesitamos resolver un problema práctico y buscamos la mejor solución para el mismo. Sin embargo, tampoco en este caso supone la justificación un papel esencial dentro de las razones normativas:

“Incluso cuando una acción requiere justificación, ella puede ser inteligible, como acción realizada por una razón [...]. El objetivo constitutivo de la acción demanda sólo que la acción debiera de alguna manera tener un punto, y que el sujeto debería ser sensible a las consideraciones acerca de si lo tiene o no.” (Millar, 2004: pág. 69)

A su vez, para explicar las acciones que se hacen por razones tenemos el *principio de intención*: para cualquier agente X y acción A, X hace A intencionalmente *si y sólo si* X hace A por una razón. El punto aquí es que Millar pretende explicar las acciones (tanto las que requieren justificación como las que no) a partir de las intenciones y los compromisos que los agentes establezcan.

El punto principal de Millar es que nos encontramos con casos en los que el comportamiento de los agentes es normativamente evaluable pero donde la caracterización de estado mental con fuerza normativa que tradicionalmente se ha utilizado para realizar esa evaluación –apelando a su papel justificatorio– no es necesario para el caso en cuestión. Por lo tanto, debe haber estados mentales con fuerza normativa que no tengan un papel de justificación.

Objeciones a la posición de Millar

En esta sección objetaré a las razones que ofrece Millar para cuestionar a la justificación como esencial en la explicación de la acción. El argumento que presento en lo que sigue cuestiona la definición que Millar da de razón normativa, por ser demasiado laxa. A partir de allí, reanalizo los ejemplos donde aparentemente no habría justificación de la acción, para mostrar que no pueden sostenerse bajo esa interpretación. En primer lugar intento mostrar que se requiere más de lo que Millar pide para definir la noción de razón normativa y, en segundo lugar, concluyo que la propuesta de Millar nos presenta consecuencias indeseadas a la hora de analizar los ejemplos. Finalmente, sostengo que es poco satisfactoria la noción de justificación que Millar pretende sostener para explicar la acción.

Al leer a Millar puede encontrarse una desconexión entre la definición de “estados mentales con fuerza normativa” y la de “razones justificatorias”. Si bien usualmente la justificación se ha pensado como la única relación que brinda fuerza normativa a los estados mentales, en la sección anterior expuse como Millar muestra que esto no es correcto, dado que en muchos casos puede faltar la justificación pero puede hacerse una evaluación normativa de la acción del agente. Si bien acuerdo con que hay que buscar otros modos de explicar normativamente la acción que apelando a la justificación, no parece que el camino correcto sea el que Millar elige. Por un lado, que algo sea un estado mental con fuerza normativa adecuada implica que debe *favorecer a la acción de cierta manera*. Mientras que, para que algo sea una razón justificatoria

debe recomendar como adecuado un solo curso de acción descartando todos los demás. La desconexión aludida tiene que ver con que pareciera que debiera existir algún tipo de relación entre la definición de “estados mentales con fuerza normativa” con las definiciones de los tipos de razones normativas que existan (sean estas justificatorias u otras).

Veámoslo en otros casos de razones que no sean razones para la acción. Por ejemplo, un estado mental con fuerza normativa para una creencia C debe excluir como inadecuadas a todas las creencias no-C. De este modo, es comprensible que la relación normativa privilegiada para la creencia sea la de justificación, pues ella debe garantizar C y a la vez excluir no-C. Ahora, supongamos el caso de la conjetura, donde un estado mental con fuerza normativa para una conjetura D no debe necesariamente excluir a todos los casos de no-D, sino favorecer mediante la evidencia -aunque sea ligeramente- a D. Supongamos que un tipo de estado mental con fuerza normativa para sostener una conjetura sean las razones justificatorias* -el “*” para diferenciarlas de las razones justificatorias para la creencia. En este caso, no deberíamos definir como requisito para las razones justificatorias* que estén basadas en evidencia suficiente para excluir todos los casos de no-D de la conjetura, pues no hay un requerimiento normativo que así lo estipule. Es decir, una razón normativamente adecuada para una conjetura puede a su vez justificarla* sin necesariamente excluir a *todas las otras conjeturas como no-justificadas**. Pretendo mostrar con este ejemplo que, dado que la de justificación es una *clase* de razón normativa, no resulta lógicamente correcto definirla de un modo más exigente que las propias razones normativas, que es lo que parece hacer Millar.

A partir de haber diagnosticado esta desconexión entre las nociones de razón normativa y la de justificación, debemos avanzar modificando alguna de los dos conceptos en cuestión, para que pueda entenderse cómo una se relaciona con la otra. Mi propósito en lo que sigue será mostrar que tanto la noción de razón normativa como la de su rol justificatorio son defectuosas y deben modificarse.

En primer lugar, debe contemplarse la relación entre la idea de razón normativa y la de corrección. Así, Álvarez (2010 p. 26) sostiene:

La normatividad de las razones, he argumentado, concierne a las razones en tanto hacen correcto para alguien el hacer –o-. Así, una razón para que alguien haga –o- es una razón que, de acuerdo con algún criterio, hace –o- al menos pro tanto correcto o apropiado. Una razón para creer algo hace correcto creer eso debido a su conexión con la verdad. Una razón para actuar (o querer o decidir, etc.) hace a actuar, etc. correcto debido a su conexión con el bien, de acuerdo con algún criterio, esto es, con algún valor que tenga eso para alguna persona.³

Por su parte, Dancy (2000 p.1) define las razones normativas en dos sentidos:

...son buenas razones para realizar la acción. De modo que son normativas, tanto en su propia naturaleza (favorecen la acción, y lo hacen de modo más o menos fuerte) y en su producto, dado que hacen correcta o incorrecta a la acción, sensata o insensata. Cuando pensamos en términos de razones de esta manera estamos pensando normativamente. Podríamos incluso llamar a tal razón una razón normativa.

Millar, por su parte, si bien habla de razones normativas⁴ cree que pueden encontrarse situaciones en las cuales hay una razón provista por una intención, pero no hay nada correcto para hacer. Asumiendo esta perspectiva, debemos ubicarnos en la –implausible- situación en la que la economía psíquica de un sujeto está compuesta por sólo una intención, y alguna creencia de que ella es adecuada al fin que se propone. Preguntémosnos entonces ¿no hay nada *incorrecto*⁵ que pueda estar especificado por esa intención?⁶

Para responder a esto, ayudémonos de una definición mucho más estricta de lo que las razones normativas prescriben. Gert (2003, 2004), siguiendo a Korsgaard (Korsgaard & O'Neill 1996) sostiene que un principio normativo muy difundido es el de que “*si existe una razón en favor de una acción, y no hay razones en contra de ella [...] entonces uno está requerido, so pena de irracionalidad, a realizar la acción*” (Gert, 2003: pág 6). Cabe aclarar que no pretendo adoptar este –o algún– principio normativo como correcto, sino marcar la importancia de que, sea cual fuere el que elijamos, debe mapear las dimensiones de lo correcto y lo incorrecto en la explicación normativa de la acción. Como vimos con las definiciones de Álvarez, Dancy y Korsgaard, una razón normativa, para serlo, requiere prescribir al menos algún escenario en donde la acción sea incorrecta. De modo que si aceptamos que una intención provee de una razón, tenemos que aceptar también que al menos en algún caso a partir de esa intención se producirá una acción incorrecta.

A la luz de estas consideraciones ¿cómo deben tratarse los ejemplos provistos por Millar? Consideremos el caso en que la posibilidad de ir a un museo (Millar, 2004: pág. 58), teniendo en cuenta que consideramos esta actividad como agradablemente edificante, constituye una razón para ir. Sin embargo, para Millar, no hay una razón que *justifique* un curso de acción, porque no hay un curso de acción que sea *correcto*. Es decir, *no es que la justificación no sea suficiente, sino que ella no es requerida en este caso*. A partir de este ejemplo, podemos ver una consecuencia indeseada para la teoría de Millar. Esto es, para argumentar en contra de la importancia de las razones justificatorias, debemos aceptar que hay casos en los que existen razones que guían la acción pero no hay un curso de acción que pueda considerarse *correcto*, por lo que en estos casos la presencia de razones no determina la diferencia con respecto a la evaluación normativa de la acción. Es decir, realizar una acción que está guiada por una razón es normativamente idéntico a no hacer nada o a hacer cualquier otra cosa⁷.

Volviendo a la discusión con Millar: si las razones juegan un papel en la evaluación normativa del comportamiento de un agente, entonces hay *al menos un camino correcto* para que el agente *realice*. Ahora, si este es el caso, la justificación –como la concibe el propio Millar– vuelve a tomar un rol esencial en la explicación de la acción, pues ahora puede sostenerse que (i) cuando hay sólo un curso de acción correcto, la relación de justificación juega un papel en él, garantizando una base evidencial sobre la cual realizar la acción. A su vez, (ii) en los casos en los que haya más de un camino racional a tomar, puede también suceder que la justificación que el agente posee no es suficiente, pero que podría ser reforzada hasta convertirse en justificación suficiente para una acción⁸.

Antes de pasar a otros tipos de razones -además de las justificatorias-, es importante abordar un punto clave en la argumentación de Millar: la idea de que la justificación debe tener la misma

fuerza normativa con respecto a la creencia que con respecto a la acción. Una de las funciones de la relación de justificación es la de explicar un comportamiento realizado (Dancy, 2000). En este sentido una acción justificada por las creencias, deseos e intenciones del sujeto es explicada por estos estados. Teniendo en cuenta lo que expusimos arriba acerca de las definiciones posibles de razón normativa, puede verse que una razón que justifica -pro tanto- no necesariamente prescribe un determinado curso de acción. Imaginemos que un sujeto S realiza una acción A por una razón y alguien más le pregunta '¿Estaba usted justificado en hacer A?', a lo que S responderá afirmativamente dando razones, mientras que si a S se le pregunta '¿debía usted hacer A?', podrá responder por la negativa, mostrando las diferentes razones que tenía y el peso específico de cada una a la hora de determinar la acción. Esta secuencia parece enteramente plausible en un uso intuitivo delo que significa 'estar justificado'. Por otra parte, imaginemos el diálogo similar donde S* tiene una creencia C justificada por una razón. Aquí, es difícil sostener que si alguien preguntara a S si debía creer C, S pudiera responder por la negativa y sostener que también podía creer otras cosas de manera justificada. Algo que Millar no parece tener en cuenta a la hora de tratar del mismo modo a la justificación de la creencia como a la justificación de la acción es que en el caso de la creencia, es usualmente aceptado que la dimensión epistémica es la que provee de la base evidencial para sostener que alguien 'está justificado' en creer algo. Mientras que, en el caso de la acción, esta 'base evidencial' está sujeta a múltiples estándares. .

En síntesis, nos encontramos con que Millar busca explicar la acción sin apelar a la noción de justificación y utilizando una noción demasiado laxa de razón normativa. Abordamos en primer lugar la idea de razón normativa y por qué la definición de Millar es insuficiente para dar cuenta de ese concepto. Al encontrarnos con una explicación poco satisfactoria de acciones sin recurrir a la noción de justificación, cuestionamos el supuesto de que la justificación tenga las mismas características en el caso de la creencia que en el caso de la acción.

Gert y la distinción entre razones justificatorias y razones que requieren acciones

En esta sección presento una salida posible que pueda cumplir con dos compromisos que para Millar son irreconciliables. Por un lado, que las razones normativas no sean idénticas a las razones justificatorias. Por el otro, que las razones justificatorias jueguen un rol esencial en la explicación de la acción. No pretendo defenderla por cuestiones de espacio, sino exponer su plausibilidad.

Gert (2003, 2004) sostiene que es posible, y recomendable, sostener una distinción entre las razones que justifican nuestra acción y las que requieren una acción por parte de nosotros. En este sentido, la razón justificatoria sería *esencial*, pues estaría presente en la explicación racional de la acción, pero no así la razón que *requiere* una acción.

Veamos el ejemplo que propone. Supongamos que existe una acción posible para que yo realice, donde la acción constituye depositar 200 dólares en una caja de donaciones. El dinero, a su vez, proveerá de comida a 40 niños durante cuatro meses, evitándoles por ese tiempo -al menos algunas- enfermedades a las que de otro modo estarían sometidos. Esta razón constituye una razón suficiente para donar el dinero. Asumamos también que no hay otras razones significativas en contra de donar el dinero. El punto interesante de la propuesta de Gert es el siguiente:

Pero no estoy racionalmente requerido a poner el dinero en la caja de colectas porque hay una razón en su favor que es suficiente para justificar hacerlo. Si bien la razón a favor de poner el dinero en la caja es suficiente para justificar hacerlo, no es suficiente para requerirlo. Un punto de la distinción justificación/requerimiento es que nos permite decir que esta insuficiencia de la razón altruista para requerir la acción no es un resultado de que es demasiado débil para generar un requerimiento. [...] En este sentido, tal razón es de hecho mucho más fuerte que las razones en contra de la donación. El hecho de prevenir estos daños para estos niños puede justificar más que ahorrar 200 dólares: uno no estaría racionalmente justificado en arriesgar su vida para salvar 200 dólares. Y sin embargo no es irracional abstenerse de donar solo porque uno quiere mantener el dinero para sus propósitos futuros e indefinidos. Así, la imposibilidad de la razón altruista de requerir racionalmente donar el dinero no es el resultado de la debilidad de la razón. Antes bien, la insuficiencia de esta razón altruista para requerir racionalmente la donación es el resultado de no tener un gran grado de fuerza para requerir. Pero a pesar de ser débil en su rol, es un justificador racional bastante fuerte. (Gert, 2003: pág. 9)

De este modo, Gert sostiene que cuando uno tiene una *razón altruista* para realizar una acción, uno tiene *permitidos* ciertos cursos de acción que serían los correctos (y racionales), pero no está requerido a realizarlos. Esta alternativa teórica parece mostrar que, al menos en algunos casos la justificación y el requerimiento práctico no van de la mano, y merece la pena ser explorada con más detalle.

Conclusión

En este trabajo busqué mostrar la plausibilidad de mantener que las razones justificatorias juegan un rol importante en la explicación de la acción y que el mismo no es fácilmente desestimable. La estrategia seguida fue, en primer lugar, diagnosticar una desconexión entre las definiciones que Millar proevía de las nociones de razón justificatoria, por un lado, y de razón normativa, por el otro. Argumentando mediante ejemplos que había una relación estrecha entre las dos, busqué mostrar que no era lógicamente aceptable establecer una definición de razón justificatoria que fuera más estricta que la de razón normativa. A partir de allí, continué mostrando que, tanto la caracterización de razón normativa propuesta por Millar, como la de razón justificatoria eran inaceptables y que debían ser modificadas y enriquecidas. De este modo, intenté mostrar que puede aceptarse que las razones normativas para la acción no deban ser identificadas con el rol justificatorio, pero que no por eso debemos negar que este rol puede ser esencial en la explicación de la acción. Aún así, se planteó la posibilidad de que no sean suficientes para explicar la acción sino que debemos complementar nuestra teoría de las razones normativas para la acción con otras clases de razones, además de las justificatorias.

Notas

1. No me ocuparé en este trabajo de evaluar la propuesta de Millar acerca de las intenciones, sino sólo de

los pasos argumentativos mediante los cuales llega hasta ella.

2. La posición de Millar de tratar las razones como *consideraciones* –antes que como hechos o proposiciones- se acepta en Understanding People sin mayor discusión, véase Noordhof (2007) para una discusión de este punto.
3. La referencia a que toda razón para la acción tiene alguna conexión con el bien es explícitamente negada por Millar. Lo importante de esta cita es mostrar que en las evaluaciones normativas de las razones para la creencia o las razones para la acción es importante tener en cuenta un estándar de corrección.
4. A diferencia de Broome (1999), quien al igual que Millar, tiene una teoría de los compromisos y las intenciones pero busca restar importancia a todo vocabulario sobre las razones.
5. Millar prefiere preguntarse si hay una única cosa correcta prescrita por la intención pero, creo, ese es un modo confuso de plantearlo.
6. Debe tenerse en cuenta, que estamos hablando de razones *pro tanto*, es decir, basadas en las consideraciones en un momento determinado del sujeto. Que se especifique algo como correcto o incorrecto ateniendo a estas razones, no implica que sea correcto *estando todas las cosas consideradas*.
7. Esto es inaceptable especialmente si se tiene una teoría en la que las razones *causan las acciones*, aunque no sólo en ese caso. Considérese además que en los ejemplos de Millar no hay consideraciones alternativas, o factores que interrumpen el curso de acción, es simplemente una razón y una acción.
8. Como se verá al final, al presentarse la propuesta de Joshua Gert, puede ser también el caso que haya dos caminos racionales a tomar y que el aumento indefinido de las razones para la acción no nos permitan elegir un camino como más justificado que el otro. De todos modos esto se daría sólo con un tipo particular de razones –las razones altruistas-, mientras que en todos los demás la razón para la acción que justifica una acción sí debería descartar todos los otros cursos de acción.

Bibliografía

- ALVAREZ, M. (2010). *Kinds of Reasons: an essay in the philosophy of action*. New York: Oxford University Press.
- BERMÚDEZ, J. L. (Ed.). (2002). *Reason and nature: Essays in the theory of rationality*. Clarendon Press.
- BROOME, J. (1999). Normative requirements. *Ratio*, 12(4), 398–419.
- DANCY, J. (2000). *Practical reality*. Oxford University Press.
- GERT, J. (2004). *Brute rationality: normativity and human action*. Cambridge University Press.
- GERT, J. (2003). Requiring and justifying: two dimensions of normative strength. *Erkenntnis*, 59 (1), 5-36.
- KORSGAARD, C. M., & O'NEILL, O. (1996). *The sources of normativity*. Cambridge: Cambridge University Press.
- MILLAR, A. (2004). *Understanding people: Normativity and rationalizing explanation*. Oxford: Clarendon Press.
- NOORDHOF, P. (2007). Understanding People Keeping Up Standards. *SWIF Philosophy of Mind Review*, 6(1), 48–71.

Algunas reflexiones en torno a la interdisciplina y a la enseñanza

*Haydée Santilli, Jorge Norberto Cornejo**

Al realizar un análisis histórico de las Conferencias dictadas desde 1969 por el Dr. Bernardo Houssay en la Facultad de Ingeniería de la UBA, dada la naturaleza del texto utilizado en las mismas, y las características de la enseñanza que se impartía, surgió la necesidad de profundizar la noción de interdisciplinariedad. Dichas conferencias constituyeron un hito en la historia de los estudios de posgrado, y de los proyectos de investigación desarrollados en la mencionada institución. En ellas sobresalen dos aspectos: la emergencia del ideal interdisciplinario y sistémico de Houssay, y el impulso hacia el desarrollo de las actividades del Instituto de Investigaciones Biomédicas en la FIUBA. Nosotros analizamos específicamente el primer aspecto.

En investigaciones realizadas con anterioridad, al estudiar la obra del Dr. Tomás Varsi, uno de los pioneros de la medicina en la Argentina, ya habíamos advertido que en el pensamiento argentino el interés y el énfasis en lo interdisciplinario fue muy temprano. Sería deseable indagar si estos fueron casos aislados o se corresponden con un pensamiento más general. Por otro lado, en investigaciones paralelas hemos indagado acerca de cuestiones socio-éticas en carreras de bioingeniería. Entre otros temas, hemos realizado un análisis etnográfico de las relaciones existentes entre bioética, ingeniería y sociedad (Martín *et al*, 2013), lo que también nos condujo a profundizar las características que debería tener la formación interdisciplinaria. Como consecuencia de estas cuestiones consultamos parte de la bibliografía disponible sobre el tema, y advertimos la ausencia de definiciones precisas, e incluso de términos apropiados para nombrar ciertos conceptos, por ejemplo, hemos notado que no se diferencian los procesos integradores dentro de una disciplina de los interdisciplinarios; creemos conveniente hacerlo utilizando prefijos como “intra” e “inter” para poder diferenciarlos. Podríamos partir de una definición de interdisciplinariedad muy básica: la “interacción entre dos o más disciplinas”, que da como resultado una “intercomunicación y un enriquecimiento recíproco”.

La interdisciplinariedad puede encararse con distinta profundidad. Se podría establecer un continuo en el que en un extremo observamos un nivel de complejidad muy bajo, interdisciplina líquida, en el que esta se presenta de modo narrativo poco científico; esto se observa especialmente en los artículos de difusión de la ciencia o la tecnología, o en los niveles primario y secundario de la enseñanza (Heckhausen, 1975). En el otro extremo el enfoque de la interdisciplinariedad busca concordancia semántica y metodológica entre los distintos campos disciplinares, este nivel es necesario para la investigación y el postgrado. En la zona intermedia del continuo se ubicarían la formación de grado, y la búsqueda de soluciones a problemas de tipo profesional, industrial y/o social. En muchos casos este tipo de desarrollo, que busca establecer relaciones *intra/inter disciplinares*, emplea lo que se denomina enfoque sistémico,

* Universidad de Buenos Aires, hsantill5c@gmail.com – mognitor1@yahoo.com.ar

en el que el sistema es más importante que las partes que lo forman. En caso contrario, los conocimientos se constituirían en compartimientos estancos sin establecer las convenientes relaciones entre ellos.

De todas formas, no deben confundirse los conceptos de intra/inter disciplinario con la metodología del enfoque sistémico. Intradisciplinario sería, por ejemplo, coordinar distintas temáticas en el interior de una disciplina, mientras que sistémico es el enfoque en el cual el objeto de estudio es visto como un sistema. Es decir, sistémico refiere a cómo se concibe el objeto de estudio; e inter/intra es cómo se concibe la relación entre las disciplinas que van a estudiar dicho objeto. Podría decirse que inter/intra surge cuando se aplica la concepción sistémica a las disciplinas en sí mismas. En cualquier caso, las dos concepciones están relacionadas, porque el hecho de ver el objeto de estudio en forma sistémica tiende a motivar la forma interdisciplinaria de estudiarlo.

Todas estas cuestiones generaron en nosotros el interés por poner en evidencia la necesidad de buscar una justificación teórica del análisis realizado acerca de las Conferencias de Houssay. Por ello, en el presente trabajo buscaremos contextualizar dichas Conferencias desde el marco teórico contemporáneo acerca de la interdisciplinariedad. Es decir, intentaremos situar teóricamente el trabajo histórico a partir del cual surgió la presente investigación.

La interdisciplina en el pensamiento de Houssay

La cuestión de la interdisciplina fue siempre seminal en el pensamiento de Houssay. Por ejemplo, en 1959 admitía que la fisiología había “*sufrido una crisis de crecimiento y especialización*”, y que por ese motivo era cada vez más difícil pero también necesaria la clasificación e integración de los conocimientos, ya que, según Houssay: “*sólo hay ciencia de lo general*”; “*Los hechos dispersos son como los granos de arena o acero, pero es sólo reuniéndolos que se hacen ladrillos, vigas o edificios*”.

Houssay planteó tempranamente que la ciencia requería concordancia semántica y metodológica entre los distintos campos disciplinares. Este énfasis en la necesidad de acceder a una visión sistémica presenta dos aspectos: la integración de los distintos conocimientos dentro de un mismo campo disciplinar (*integración intra-disciplinar*), y la que se realiza entre distintas disciplinas (*integración inter-disciplinar*).

Las siguientes citas de Houssay (1959) ponen de manifiesto el concepto de la integración intra-disciplinar:

“...en Fisiología no hay que acumular simplemente hechos aislados, hay que integrarlos y además hay que investigar y tratar de comprender los mecanismos fundamentales que los producen”;

“Los que sólo miran las técnicas y métodos diferentes de cada especialidad creen que cada una de ellas es completamente autónoma. Pero los que miran al sujeto que ellas estudian (célula, animal u hombre), comprenden que todas juntas tienen un objeto común de estudio, que es una unidad biológica indivisible”;

“La especialización es necesaria en Fisiología, pero debe ser precedida de un conocimiento básico de los fenómenos característicos fundamentales de los seres vivos, porque hay cierta unidad en los procesos vitales, en sus mecanismos fundamentales y en sus manifestaciones.”;

“Es muy importante que el que cultiva cualquiera de las Ciencias Fisiológicas tenga conocimientos básicos sobre la unidad funcional del organismo, y que los adquiera y mantenga antes, durante y después de especializarse”.

“Si la especialización fuera excesiva y se llegara a una fragmentación completa, podríamos llegar a tener que crear una nueva ciencia, la Fisiología integrativa, que considerara al organismo como un todo”.

Con respecto a la noción de integración inter-disciplinar son elocuentes las palabras de Marcelino Cerejido (2001, p. 56), discípulo de Houssay:

“Hay evidencias de que en los pródromos de la decadencia griega, se produjo una compartimentación del conocimiento: se acentuaron la especialización y los límites entre las disciplinas. Por el contrario, se sabe que muchos períodos de florecimiento del saber fueron precedidos de una disolución de las barreras entre las disciplinas...”

El mismo Cerejido considera que el interés de Houssay por la intra e inter disciplina provenía de su forma de trabajar. Es importante destacar que a principios del siglo XX Houssay tenía la libertad de investigar, simultáneamente, cosas tan diversas como la función cardíaca, la pulmonar, la renal, la hepática, la endocrina, la inmunológica, la nerviosa, la muscular... y no sólo a partir de las últimas publicaciones científicas sino retomando experiencias que se habían abandonado en el pasado. Para Cerejido, esta forma de trabajo alternando e integrando diversos conocimientos fue fundamental para sus descubrimientos y para comprender una red tan compleja de funciones interrelacionadas como es el organismo humano (Jankilevich, 2008).

A este respecto es interesante lo expresado por Bunge (2010), quien menciona que la contribución de Houssay a la fisiología del sistema endocrino-inmune fue capital porque probó que el páncreas y la hipófisis son, en efecto, partes de un sistema único. Esto se aprecia en el hecho que al animal al que se le extirpa el páncreas desarrolla diabetes, pero mejora notablemente si también se le extirpa la hipófisis, lo que era contraintuitivo. Bunge denomina “*sistemismo*” a esta forma de trabajar, indicando que sin ella trataríamos a cada parte del cuerpo independientemente de las demás partes.

Las Conferencias de 1969 en la Facultad de Ingeniería

Con el material utilizado en el dictado de las Conferencias se generó un texto titulado “Curso de Introducción a la Fisiología para Ingenieros” (Houssay *et al*, 1969), a cuya versión original, los autores de este trabajo hemos tenido acceso. El índice consta de siete capítulos de los cuales los seis primeros son visiones del organismo humano desde distintas disciplinas: biología,

bioquímica, química, física, y sistemas de comunicación, y el último capítulo, escrito por el propio Houssay, es una integración funcional que busca ver al organismo como un todo.

Tabla 1: Índice del Curso de Introducción a la Fisiología para Ingenieros

<i>Cap.</i>	<i>Tema</i>	<i>Autor</i>
I	El Organismo como conjunto de unidades funcionales – La Célula	Dr. A. Cuello
II	El Organismo como un conjunto de materiales – Bioquímica Básica	Dr. J. R. Depaoli
III	El Organismo como una solución	Dr. E. T. Segura
IV	El Organismo como un transformador de energía – Metabolismo y Respiración	Dr. H. Torres
V	Aspectos hidrodinámicos del Organismo	Dr. E. Ashkar
VI	El Organismo como un sistema de comunicación	Dr. E. T. Segura
VII	Integración Funcional	Dr. B. Houssay

El material, diseñado por investigadores del campo biológico y dirigido a ingenieros, es sumamente didáctico, y adaptado a profesionales que carecen de formación biológica.

Nos preguntamos cuál puede haber sido la causa que motivó la concreción de este proyecto. Un hecho que llamó nuestra atención, y que podría estar conectado fue que, a fines de 1962, un artículo de *Life* titulado “Ellos deciden quien vive, quien muere”, fue el disparador de un cambio en el modo de ver la ciencia. Se relataba la difícil tarea de elegir aquellos pacientes que se verían beneficiados con una nueva práctica médica: la hemodiálisis. Una tecnología para la salud excedía de alguna manera los conocimientos y la responsabilidad del médico². Dada la proximidad en el tiempo consideramos que este hecho pudo haber influenciado el estilo y la ideología expresados en dichas conferencias.

En la introducción del curso, que expresa la posición oficial del Instituto de Ingeniería Biomédica, se transparentan los ideales de unificación científica que tenían los autores, quienes pensaban que deberían existir vasos comunicantes entre las distintas disciplinas. Citando textualmente:

“La creación del Instituto de Ingeniería Biomédica de la Universidad de Buenos Aires en 1968, constituyó un paso muy importante en la evolución de las actividades interdisciplinarias de nuestra Universidad.

Con esta iniciativa, las áreas del conocimiento puro y aplicado cubiertas por la Ingeniería, la Biología y la Medicina, con todas sus ramas conexas, encuentran el ámbito ideal que permitirá esa tan largamente esperada tarea de interpretación y colaboración integrales.

Nadie ignora que hoy ya no cabe referirse a la Ciencia como a un conjunto de

actividades inconexas y que se asiste a una progresiva coincidencia tanto semántica cuanto metodológica”.

La Introducción continúa resaltando las posibilidades que la participación de los ingenieros ofrece a la investigación biológica.

“Puede asegurarse que no existe tema de las Ciencias Fisiológicas al cual la contribución del ingeniero no pueda alcanzar un relieve definitivamente original”.

El último párrafo de la Introducción sintetiza el completo espíritu de las Conferencias:

“Este curso de Introducción a la Fisiología... fue dictado por investigadores del campo biológico y dirigido a egresados de Ingeniería, en un ensayo por ofrecer una visión sintética de algunos de los grandes temas de la especialidad, en la esperanza de contribuir a la pronta concreción de tan apasionantes objetivos de unificación científica”.

Al observar la estructura general del texto advertimos que la misma responde al interés por presentar una visión de conjunto de la vida y el organismo humano. Por ello, los primeros seis capítulos son miradas biológicas efectuadas cada una desde un ángulo diferente, mientras que el séptimo busca alcanzar una mirada unificadora y sintetizadora de las anteriores. Resalta del conjunto la necesidad de la formación interdisciplinaria y se hace evidente que Houssay extendió su visión sistémica de la fisiología a este enfoque interdisciplinario de la enseñanza, utilizado en las Conferencias de 1969.

En la búsqueda de un marco teórico

La cuestión de la interdisciplinarietà se concibe durante el siglo XX como un modo de solucionar los problemas académicos de las universidades. Según Follari (1990, 1982) fue la respuesta que se dio a los estudiantes que se rebelaron en Francia en mayo del 68. En ese momento se establecieron distintas justificaciones teóricas; las dos corrientes seminales de la interdisciplina están definidas por las posiciones de Marx y de Piaget. Ambas son optimistas en el sentido que, dialécticamente, presentan el conocimiento en constante evolución. Los grupos interdisciplinarios, desde un punto de vista pragmático, son también superadores ya que dominan más que sus propias disciplinas (Follari, 2006). Esta idea es importante para el trabajo docente, la investigación, o los campos profesionales específicos, sin embargo, tiene sus límites, incluso existen opiniones encontradas al respecto.

Najmanovich (1998) plantea dos aspectos de la disciplina: el discurso como desarrollo de un área de conocimiento; y el acto disciplinar, que representa la antítesis del caos. Para la comunidad científica, la disciplina representa una tradición cognitiva, la definición de un paradigma: conceptual, método y valores. La disciplina establece reglas protocolares, modelos comunicacionales entre investigadores, y también tiene influencia institucional por la relación poder-saber.

Son muy claras las ideas de Toulmin (1977) cuando afirma que lo que le da continuidad a las disciplinas es la existencia de una genealogía de problemas. Si uno se pregunta qué elementos

constantes mostraron las preocupaciones de los físicos atómicos entre 1900 y 1950, no va a encontrar ninguna semejanza en los conceptos de “electrón” o de “núcleo”, ya que los mismos cambiaron mucho en esos 50 años. La única continuidad que se puede percibir está en los problemas que los físicos plantearon. Nadie dudaría en decir que Rutherford, Bohr, Heisenberg, o Dirac fueron todos físicos atómicos, sin embargo, los conceptos que ellos manejaron fueron muy diferentes. Lo que todos tuvieron en común fueron los problemas que intentaron resolver. La legitimidad de los conceptos y de las teorías se fundamenta precisamente en que solucionan problemas. Los “dominios” de las distintas disciplinas se definen, no por los objetos que tratan sino por las cuestiones que plantean. Por ejemplo, *conducta fibra muscular* se puede analizar desde la bioquímica, la termodinámica, la electro-fisiología, la patología, entre otras.

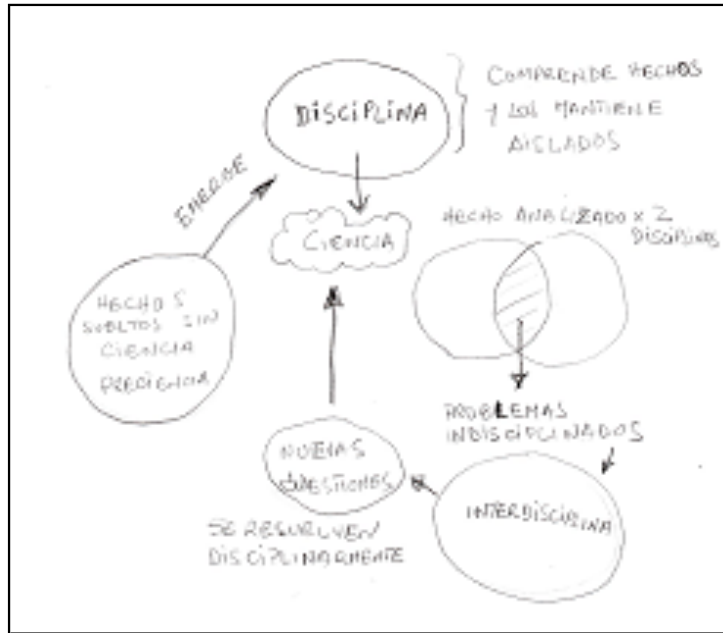
Es interesante observar en Najmanovich (2010) que asocia el dominio de las disciplinas a la filosofía positivista, cuando afirma “... *los objetos del mundo vienen pre-cortados a medida para cada disciplina*”. Desde la perspectiva post-positivista, debemos aceptar nuestra responsabilidad por los *recortes* realizados. Es necesario que se adapte la organización disciplinar a la realidad compleja.

Es la naturaleza “indisciplinada” de algunos problemas lo que motiva el enfoque interdisciplinario. Siempre existe cierta dificultad para encasillarlos, “...*los problemas son demandas complejas y difusas que dan lugar a prácticas sociales inervadas de contradicciones e imbricadas con cuerpos conceptuales diversos*” (Stolkiner, 1987).

La cuestión es, ¿qué sucede con los problemas que involucran más de una disciplina?, ¿trabajan juntos los investigadores?, ¿cómo dialogan? Si analizamos, por ejemplo, los problemas que competen a la Autoridad Regulatoria Nuclear es condición *sine qua non* que al abordar las cuestiones relacionadas con el Sistema de Radioprotección se involucre: conocimiento científico de distintas disciplinas; valores, ética; Comités de ética³, entre otros.

Generación de conocimiento científico

En el inicio de un conocimiento, los hechos no están relacionados entre sí, podríamos pensar en una etapa de *pre-ciencia*. En la medida que se establecen relaciones entre hechos inicialmente no relacionados, del conjunto de conocimientos emerge la *disciplina*. El trabajo disciplinar necesita comprender mejor los hechos que tiene asociados, para lograrlo aísla los hechos de los de otras disciplinas. En ese proceso se desarrolla el conocimiento científico. Algunos hechos pertenecen a más de una disciplina. En esa intersección surgen los denominados *problemas indisciplinados*. Para solucionar esos problemas se necesita incorporar un enfoque *interdisciplinario*. Se plantean nuevos diseños, nuevas investigaciones. Las soluciones a estos problemas emergen del trabajo de cada disciplina. Si bien esta búsqueda de caminos de acción es interdisciplinaria, la solución llega desde el trabajo disciplinar. De este modo se genera el nuevo conocimiento.



Cuadro 1: Evolución del conocimiento

Un ejemplo interesante que muestra este proceso es el diseño del marcapasos electrónico avanzado. Este caso ejemplifica las múltiples interacciones involucradas entre ciencia, tecnología y sociedad. Su gestión ha incluido diversas líneas de investigación y desarrollo, tales como: semiconductores y electrónica; tecnología de baterías; técnicas quirúrgicas; fisiología cardíaca y estimulación miocárdica; biomateriales y electrodos; epoxies; y gomas de silicona⁴.

Los conocimientos asociados al funcionamiento del marcapasos provienen de la física, especialmente la electricidad y las fuentes portátiles de electricidad, la química, epoxis y gomas de silicona, y de la medicina. En el desarrollo del marcapasos encontramos una red de interacciones que comprenden tanto Investigación Básica como Investigación Orientada y Desarrollo Experimental de las distintas líneas de investigación involucradas. Este es un hecho complejo, resultado de interrelaciones bi-direccionales entre factores científicos y factores tecnológicos, así como de eventos significativos que trascienden la esfera científico-tecnológica. Por ejemplo, en relación con las fuentes de energía portátiles y los efectos de la electricidad en los organismos vivos, hay que remontarse al siglo XVIII, a las dos grandes escuelas que competían en el desarrollo del conocimiento de la electricidad, en Pavia dirigido por Volta, y en Bolonia dirigido por Galvani. De los trabajos de ambas líneas surge la primera relación entre baterías y sistema nervioso. Otra de las líneas fundamentales: semiconductores y electrónica, se inicia con el trabajo del Grupo de investigación de Edison en Menlo Park, laboratorio dedicado

a la innovación tecnológica. Es interesante destacar el efecto que tuvo la demanda social del uso de pilas secas en las radios durante la década de 1920, la gira realizada por Hyman y sus colaboradores, para ganar la aceptación social y médica del marcapasos intracardíaco, y para encontrar fabricante, en la década de 1930; y las necesidades de desarrollo de baterías y materiales aislantes generadas en el transcurso de la 2da. Guerra Mundial, en la década de 1940. Hubo muchos eventos significativos asociados a esta innovación tecnológica, uno decisivo culminó con la patente del transistor, desarrollada por tres físicos de los Laboratorios Bell Telephone, en 1947. La fuente de energía representó un problema crítico para los marcapasos a finales de la década de 1960. Solucionar este problema requirió de gran ingenio, se desarrollaron baterías recargables, células biogalvánicas, fuentes de bioenergía, incluso generadores nucleares. Finalmente la solución fue el uso de baterías de litio (Santilli, 2012).

Del análisis del marcapasos surge claramente que el enfoque interdisciplinario fue necesario para abordar los distintos problemas que se fueron presentando. La búsqueda de soluciones llevó a nuevas investigaciones, sin embargo, la generación del nuevo conocimiento en cada caso fue siempre disciplinar.

El cuerpo humano y la tecnología

El cuerpo humano es un sistema muy complejo y por ello es en sí mismo un problema indisciplinado. Este hecho, y el avance del conocimiento fisiológico, llevaron a Houssay a realizar una mirada intra-disciplinaria, ya en la década de 1950. El desarrollo de las tecnologías para la salud, que crecieron exponencialmente a partir de la década de 1970, lo obligó a realizar un enfoque interdisciplinario del problema. A este período corresponden las conferencias que el grupo de investigación de Bernardo Houssay organizara en la Facultad de Ingeniería. Él fue consciente que para poder dialogar, desde la generación de conocimiento, es decir, lograr la concordancia semántica y metodológica, era fundamental capacitar a los ingenieros desde las ciencias biológicas.

Ahora bien, este enfoque de Houssay reconoce algunos antecedentes históricos; por ejemplo, el del Dr. Tomás Varsi. El Dr. Varsi aparece como un adelantado a su época, él sostuvo a lo largo de toda su vida la *intervinculación* de las ciencias, término que hemos tomado de sus propias palabras. Varsi consideró a Roentgen como un ejemplo de este hecho pues, siendo físico, le proporcionó una gran ayuda a la medicina. Siguiendo las ideas de su mentor, Varsi estudió matemática, arquitectura y economía, además de medicina, porque creía que de la conjunción de estas disciplinas con la ciencia médica resultaría el progreso de esta última (Cornejo y Santilli, 2013). Al respecto, Varsi era un firme creyente en el progreso científico indefinido, al que calificaba de *“eternamente renovado”* (Varsi, 1914).

El enfoque interdisciplinario y la enseñanza

El análisis de las Conferencias nos permitió reconocer que esta experiencia utilizó un método de enseñanza focalizado hacia una concepción sistémica, con enfoque interdisciplinario. Este tipo de compromiso educativo fue precursor para su época. Reconocemos que esta experiencia

de posgrado se realizó de modo extracurricular, independiente de la currícula oficial de la carrera de Ingeniería.

Al indagar qué ocurría en otras experiencias de enseñanza superior que tuvieran enfoque interdisciplinario y sistémico, nos encontramos con que tal concepción no fue adoptada espontáneamente por la comunidad científica internacional. En tal sentido el análisis que realiza González Pérez (2002) describe las dificultades experimentadas por el paradigma sistémico antes de ser adoptado, incluyendo la resistencia a incorporarlo en los diseños curriculares de las carreras de medicina. Asimismo, Carbajal Escobar (2010) y Bustamante (2003), señalan que uno de los factores que obstaculizan la incorporación de nuevos sistemas de estudio dentro del contexto tradicional sería la poca flexibilidad existente en los programas académicos de las Universidades de América Latina. Esto ocurre incluso en el área biomédica. Es decir, a inicios del siglo XXI este enfoque sigue sin ser aceptado mayoritariamente.

¿Qué consecuencias didácticas introduce la visión sistémica? La enseñanza formal organizada por disciplinas suele llevar a lo que se denomina compartimientos estancos. Esto pasa con cualquier disciplina, pero especialmente con las denominadas “ciencias duras” y las tecnologías. El saber se transforma por este camino en desvertebrado y atomizado. Es una concepción operativa del saber científico y del tecnológico. Privilegia el operar y formular por encima del comprender, lo que provoca una pérdida del sentido real del aprendizaje. Por esta vía desaparece el sentido humanístico del conocimiento. Por otro lado, incorporar el enfoque sistémico a la enseñanza superior facilita la integración de los saberes, y permite generar una red dinámica de conocimientos que mejoraría la calidad de nuestros profesionales.

Indudablemente el estado actual del conocimiento lleva a la especialización, incluso a la sub-especialización. Hoy sería impensable un Leonardo Da Vinci. Sin embargo, se produce una paradoja ya que los conocimientos migran. Un ejemplo de ese fenómeno son los aceleradores de partículas. Se desarrollaron en el campo de la física básica, y en un momento se transformaron en casi obsoletos, reservados para la enseñanza y la difusión del conocimiento. Alguien pensó que podrían ser útiles en medicina para el tratamiento del cáncer. En su nueva posición como tecnología para la salud, estos equipos evolucionaron lo suficiente como para volver a ser atractivos para la física, donde se convirtieron en acelerados de hadrones. Si queremos formar profesionales eficientes en este tipo de situaciones, ellos deberían tener una visión sistémica e integrada del conocimiento (Cornejo *et al*, 2013).

A modo de cierre

Como hemos enunciado, la amplitud alcanzada por el conocimiento en la actualidad impide que un profesional domine todas las áreas de su competencia, llevando inevitablemente a la formación especializada. El desarrollo contemporáneo de la ciencia y la tecnología ha tornado imprescindible este hecho; lo que resulta paradójico es que muchas veces los avances científicos en un área desbordan hacia otra, como ocurrió con los aceleradores de partículas: pasaron de obsoletos en la física básica a *technics* fundamentales para la medicina, y nuevamente a relevantes

en la física de hadrones. Esta interacción entre campos disciplinares genera naturalmente la necesidad del enfoque sistémico a la hora de buscar una mejor formación profesional. Además, la naturaleza *indisciplinada* de los problemas concretos a resolver requiere muchas veces un enfoque interdisciplinario.

En este trabajo nos propusimos encontrar un marco teórico adecuado para el tipo de formación descripta. El buscar un marco teórico para la interdisciplinaridad nos llevó a la noción de disciplina. En el cuadro 1 apreciamos que, a partir de hechos sueltos, que no están contenidos por una disciplina científica específica que los explique (un estado de *preciencia*) emerge la *disciplina*. Esta última está representada por un conjunto de conceptos, teorías, metodologías, etc.; comprende los hechos en cuestión y, para explicarlos mejor, los mantiene aislados de hechos y fenómenos diferentes, conformando así un campo de estudio delimitado. La emergencia de las disciplinas conforma a la *ciencia* propiamente dicha. Sin embargo, puede ocurrir que el mismo hecho tenga cabida en dos disciplinas diferentes, y que ambas se aboquen a su estudio. Pero como los *hechos son indisciplinados* ninguna de las dos (o más) disciplinas puede explicarlos completamente, de donde surge la necesidad del abordaje interdisciplinario. El mismo plantea nuevas cuestiones, las que, sin embargo, *se resuelven desde cada disciplina*. De donde las disciplinas individuales resultan enriquecidas, y siguen siendo ellas las que conforman realmente la *ciencia*.

Finalmente, retornando a las Conferencias de 1969 que proponían un enfoque interdisciplinario y sistémico para la enseñanza superior, podríamos preguntarnos qué proyección tuvo esta modalidad de trabajo. Aunque no es el objetivo de la presente investigación dar una respuesta exhaustiva a esta pregunta, se aprecia que, si bien el perfil del ingeniero y el del médico, en general, no refleja la formación interdisciplinar propuesta por Houssay, las Conferencias facilitaron la concreción de una serie de logros que se proyectaron en el tiempo, tales como:

(i) La sólida actividad desarrollada por el Instituto de Ingeniería Biomédica, tanto en investigación como en formación de posgrado, entidad que se encuentra en pleno funcionamiento en la actualidad.

(ii) La creación de carreras de bioingeniería o equivalentes, en Argentina, iniciada en 1990 con la Facultad de Bioingeniería de la Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER), y que en la actualidad asciende a siete Facultades (cinco de Universidades públicas y dos en Universidades privadas), distribuidas en todo el país.

(iii) La creación de la Sociedad Argentina de Bioingenieros (SABI), en 1979.

(iv) El interés por el desarrollo de Proyectos de Investigación llevados a cabo en las Universidades, que intentan relacionar Bioética e Ingeniería, tales como, los Proyectos UBACyT “La Bioética en la Formación del Ingeniero”, 2012-2014 y 2014-2017.

Notas

1. Expresiones vertidas durante el Grupo de Discusión sobre el tema: La investigación en fisiología.

Vigencia, limitaciones y desafíos. Perfil de investigación fisiológica versus investigación por áreas temáticas. Actividad realizada en el Departamento de Fisiología de la Facultad de Medicina de la Universidad de la República (UDELAR), realizada en Montevideo el viernes 12 de junio de 2009.

2. Actis, A. Bioética: medio siglo de historia más de 40 años sobre el puente. Conferencia en Ateneos 2012. Instituto de Bioética, Facultad de Medicina. UBA. 14/11/12.

3. Dubner, D., Laboratorio de Radiopatología, Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN), CONEA, comunicación personal con los autores durante la “Jornada de Capacitación en Radioprotección” que se realizó en Buenos Aires en noviembre de 2013.

4. Batelle Columbus Laboratories, “Interactions of Science and Technology in the Innovative Process: Some Case Studies”, U.S.A.: National Science Foundations, 1973.

Bibliografía

BUNGE, M. (2010) Medicina y filosofía. Un filósofo de prestigio mundial reflexiona acerca de los límites entre medicina y filosofía, Conferencia en Buenos Aires, 23/11/10. Disponible en: <http://www.intramed.net/contenidover.asp?contenidoID=68529>. Consultado: 02/05/13.

BUSTAMANTE, J. (2003) Una aproximación a la tecnología cardiovascular a través de la interdisciplinariedad: una necesidad latinoamericana. *Acta Científica Venezolana*. 54, 12-17.

CARBAJAL ESCOBAR, Y. (2010) Desafío para la Educación Superior y la Investigación. *Revista Luna Azul*, 31, 156-169.

CEREIJIDO M. (2001) *La nuca de Houssay*, México: Fondo de Cultura Económica.

CORNEJO, J. N. Y SANTILLI, H. (2013) El Doctor Tomás Varsi: Crónica de un Médico y de un Pensador, *Ciencia e Investigación*, <http://aargentnapciencias.org/>, Tomo 63 N° 5, 41-51.

CORNEJO, J., SANTILLI, H. ROBLE, M.B., MARTÍN, A.M., BARRERO, C. Y BARBIRIC, D. (2013) Las cuestiones éticas y sociales en la formación del ingeniero: tres estudios de caso en bioingeniería, *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, Río Cuarto, Argentina, 2 (4), 7- 15.

GONZÁLEZ PÉREZ, U. (2002) El concepto de calidad de vida y la evolución de los paradigmas de las ciencias de la salud. *Revista Cubana Salud Pública*. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21428206>, 28 (2), 1-19. Consultado: 23/05/15.

FOLLARI, R. (2006) La interdisciplina revisitada, *Revista Anales de la Educación Común*, Buenos Aires 2 (1), 65-73.

FOLLARI, R., (1990) *Modernidad y posmodernidad: una óptica desde América Latina*, Buenos Aires: Aique-Rei-IDEAS.

FOLLARI, R., (1982) *Interdisciplinariedad: los avatares de la ideología*, México: UAM-Azcapotzalco.

GONZÁLEZ PÉREZ, U. (2002) El concepto de calidad de vida y la evolución de los paradigmas de las ciencias de la salud. *Revista Cubana Salud Pública [online]*. 28 (2),

- 1-19. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21428206>. Consultado: 23/05/15
- HECKHAUSEN H. (1975) Algunos acercamientos a la interdisciplina: disciplina e interdisciplinariedad, en: Apostel et alli (1975) Interdisciplinariedad. Problemas de la enseñanza e investigación en las Universidades, México: ANUIES.
- HOUSSAY, B. (1959) El presente y porvenir de la Fisiología. Discurso de apertura del XXI Congreso Internacional de Ciencias Fisiológicas. Ciencia e Investigación, 15 (7-8), 233-239.
- HOUSSAY, B.; ASHKAR, E.; CUELLO, A.; DEPAOLI, J.; GARCÍA, H.; SEGURA, E.; TORRES, H.; WASSERMANN, G. Y ROCHA, L. (1969). Curso de introducción a la fisiología para ingenieros. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- JANKILEVICH, A. (2008) Neolítico. Del cuidado de la vida a la manipulación de la muerte, Revista de Historia & Humanidades Médicas, 4 (1), 1-36.
- MARTÍN, A. M., BARRERO, C. Y SANTILLI, H. Las relaciones entre bioética, ingeniería y sociedad: un análisis etnográfico, Biophronesis Revista de Bioética y Socioantropología en Medicina Revista, on line, en prensa diciembre 2013.
- NAJMANOVICH, D. (2010) Interdisciplina. Artes y riesgos del Arte Dialógico. Recuperado el 28/09/10 en: www.pensamientocomplejo.com.ar
- NAJMANOVICH, D. (1998) Interdisciplina: Riesgos y Beneficios del Arte Dialógico, Revista "Tramas", Publicación de la Asociación Uruguaya de psicoanálisis de las configuraciones vinculares, Agosto, IV (4).
- SANTILLI, H. (2012) Science and Technology, Autonomous and more Interdependent every time, Science & Education, June, 21 (6), 797-811.
- STOLKINER, A. (1987) De Interdisciplinas e Indisciplinas, Publicado en: Elichiry, Nora (Comp), El niño y la escuela, Reflexiones sobre lo obvio, Buenos Aires: Ed. Nueva Visión, 313-315.
- TOULMIN, S. (1977) La comprensión humana, España: Alianza Editorial.
- VARSÍ, T. (1914) Los grandes problemas nacionales – La reforma de nuestro sistema tributario. Nuevos rumbos – la cuestión agraria, Rosario, Argentina: Peuser.

Insuficiencia de la carencia de unidad para fundamentar teorías híbridas y no-conceptualistas en percepción

*Nicolás Alejandro Serrano**

Introducción

Durante los últimos treinta años se ha dado un fuerte debate, en el ámbito de filosofía de la mente y de las ciencias cognitivas, respecto al tipo de contenido que poseen los estados de experiencia perceptiva. Partiendo de una concepción representacionista de la experiencia perceptiva, según la cual el contenido de la misma tiene condiciones de corrección, los participantes del debate se han dividido en lo que suelen considerarse como dos grandes polos de posiciones mutuamente excluyentes. Por un lado, se encuentra el polo conceptualista (McDowell 1994, 1998, 2009, Brewer 1999, 2001, 2005, Byrne 2005, Speaks 2005), según el cual el contenido de las experiencias perceptivas es del mismo tipo que el contenido de los estados de creencia. Es decir, de tipo conceptual. Esta tesis suele apoyarse en ciertos presupuestos mayoritariamente compartidos por los miembros del debate. En particular, en la idea de que el contenido de las experiencias perceptivas puede ser directamente utilizado en procesos de justificación racional. Por ejemplo, un sujeto podría justificar su creencia de que la mesa es marrón apelando al contenido de su experiencia perceptiva de la mesa marrón. En la medida en que la mayoría de los participantes del debate parecen concordar en que la justificación es un proceso que relaciona contenidos conceptuales, los autores conceptualistas suelen argumentar que este conjunto de presupuestos implica que el contenido de la experiencia perceptiva también deberá ser conceptual. Si se supone que la justificación vincula contenidos conceptuales y que el contenido de la experiencia puede participar en procesos de justificación, entonces tal contenido también deberá ser de tipo conceptual.

Sin embargo, la posición conceptualista ha sido recibida con una gran dosis de reticencia y criticismo por parte del polo no-conceptualista del debate (Dretske 1981, Evans 1982, Peacocke 1986, 1992, 1994, 1998, 2001, Crane 1988, Bermúdez 1994, 1998, 2007, Heck 2000, entre otros). En particular, una estrategia habitual de los autores no-conceptualistas es la de focalizar su atención en determinados rasgos o características del contenido de la experiencia perceptiva, también mayoritariamente aceptadas, para argumentar que tales características no pueden ser acomodadas desde una posición conceptualista. Luego, sostienen que si se acepta la existencia de tales características y si se acepta que tales características no pueden ser acomodadas por contenidos de tipo conceptual, entonces el contenido de la experiencia perceptiva no podrá ser de tipo conceptual. Deberá ser un contenido de otro tipo, de un tipo no-conceptual.

En este trabajo, reconstruiré y criticaré uno de tales argumentos no-conceptualistas,

* Universidad de Buenos Aires

el argumento según el cual el contenido de la experiencia perceptiva de magnitudes es completamente carente de unidad de medida (Peacocke 1986). Aquí se entiende por “magnitud” cualquier propiedad que sea habitualmente expresada apelando a ciertas unidades de medida convencionales, tales como centímetros (para la magnitud de la longitud), kilos (para la del peso), grados Fahrenheit (para la de la temperatura), etc. Según el argumento de Peacocke, nuestro pensamiento conceptual acerca de tales magnitudes siempre hace uso de determinadas unidades de medida. Sin embargo, cómo se mostrará a partir de ciertos ejemplos, hay buenos motivos para pensar que la experiencia perceptiva de tales magnitudes (e. g., la experiencia perceptiva de observar una cierta longitud) no utiliza ninguna unidad de medida en la constitución de su contenido. De esto se sigue, según el autor, que hay una diferencia radical entre el contenido de nuestras experiencias perceptivas de magnitudes y el contenido de nuestras creencias acerca de magnitudes. Una diferencia que a su vez nos daría, según Peacocke, buenos motivos para considerar que el contenido de nuestras experiencias perceptivas de magnitudes es de un *tipo* diferente del de nuestras creencias acerca de ellas. Mientras que el último sería conceptual, el primero sería no-conceptual. La experiencia perceptiva poseería, por ende, contenidos no-conceptuales¹.

Debido a ello, el argumento de la carencia total de unidad de medida en la experiencia perceptiva posee una gran relevancia en el debate entre conceptualistas y no-conceptualistas, con independencia de su uso particular en la posición híbrida², con énfasis en el contenido no-conceptual, de Christopher Peacocke (1986, 1992, 1994, 1998, 2001). Tal argumento ofrece buenas razones para considerar que la experiencia perceptiva posee contenidos de un tipo diferente a los contenidos conceptuales de los estados de creencia, sin importar cómo sean caracterizados ulteriormente tales contenidos perceptivos no-conceptuales. En este sentido, constituye un potencial punto de partida para cualquier posición no-conceptualista y no solamente para la posición defendida por Peacocke. Por este motivo, si bien este trabajo criticará uno de los argumentos sobre los que se fundamenta la posición híbrida de Peacocke, mi objetivo no será atacar la posición de este autor *per-se*. Será, en cambio, criticar uno de los argumentos que permiten caracterizar el contenido de la experiencia perceptiva de un modo incompatible con la defensa de una posición conceptualista y que, debido a ello, permite fundamentar diversas posiciones híbridas y no-conceptualistas.

Para ello, comenzaré por reconstruir el argumento original de Peacocke (1986) y distinguiré dos tesis que de él se desprenden: la de carencia de unidad convencional y la de carencia total de unidad. Luego, ofreceré algunas críticas al argumento, basadas en ciertas consecuencias indeseables que de él parecen desprenderse. En particular, considero que la forma en que Peacocke argumenta en favor de la tesis de la carencia total de unidad en la percepción tiene un alto e inesperado costo. Implica la imposibilidad de tener contenidos categorizados en la experiencia perceptiva, algo que tanto Peacocke como otros autores no-conceptualistas parecen aceptar. Por último, extraeré algunas conclusiones con respecto al argumento original de Peacocke y a su lugar en el debate acerca del tipo de contenido de la experiencia perceptiva.

Experiencias perceptivas de magnitudes

Imagínese el caso de un individuo que desea alquilar un depósito para almacenar su extensa colección de miniaturas e historietas. Imagínese además que, por razones que no vienen al caso, el único factor relevante para alquilar o no un determinado depósito fuese su longitud. Se podría decir que hay dos maneras diferentes en las cuales este individuo puede averiguar la longitud del depósito. Puede, por un lado, leer un folleto que especifique en metros la longitud del depósito a ser alquilado. O también, por otro lado, puede ir al depósito en cuestión y *ver* qué longitud tiene.

Lo que Christopher Peacocke muestra en su excelente artículo de 1986 titulado *Perceptual Content* es que estas dos maneras de averiguar la longitud del depósito dan lugar a la formación de dos creencias con contenidos diferentes e independientes. Parece difícil objetar que un individuo puede tener una creencia acerca de la longitud del depósito cuyo contenido sea el obtenido perceptivamente, sin saber cuántos metros de largo tiene ese depósito. Asimismo, un individuo puede tener una creencia con el contenido “el depósito tiene 25 metros de largo”, sin tener una creencia acerca de la longitud del depósito cuyo contenido sea el obtenido al observar su longitud. Esto último es lo que ocurriría si, por ejemplo, el individuo en cuestión sintiese la necesidad de ver el depósito tras leer el folleto que especifica la longitud en metros para ver “qué tan largos son 25 metros”.

Este tipo de fenómenos parecen, por otro lado, ocurrir con múltiples “magnitudes” y no solamente con las longitudes. Además de ejemplos relacionados con la percepción de distancias, Peacocke ofrece el siguiente ejemplo referido a la percepción de orientaciones:

El conocimiento de que una determinada iglesia está en el horizonte, a 32 grados contra-reloj hacia adelante, debe ser distinguido del conocimiento que es obtenido al observar y ver que está en una determinada dirección. (Peacocke 1986, p.298, mi traducción)

¿Qué conclusiones pueden extraerse a partir de estos ejemplos? La primera conclusión que Peacocke parece extraer es una que encuentro muy difícil de objetar. Los contenidos de la experiencia sensible, así como los de algunas creencias, no parecen hacer uso alguno de las unidades de medida convencionales tales como metros, pies, bushels, onzas, centímetros, etc. En palabras del autor:

El punto del ejemplo de la habitación es que, ni sus experiencias visuales, ni sus juicios tienen como contenido que la distancia [en metros] de un extremo de la habitación al otro es 25. (Peacocke 1986, p.299, mi traducción, unidad de medida cambiada)

Llamaré a esta primera conclusión la *tesis de carencia de unidad convencional*. La misma podría enunciarse del siguiente modo: es posible para un sujeto S, que S tenga una percepción o creencia con un contenido acerca de una determinada magnitud, sin que S posea ninguna percepción o creencia que tenga como contenido una especificación de tal magnitud en una unidad de medida convencional (tal como metros, gramos, etc.). Esta tesis, que entiendo que es

adjudicable a Peacocke, debe distinguirse de otra tesis parecida que el autor también defiende, pero que es considerablemente más fuerte. Llamaré a esta segunda tesis, la *tesis de carencia total de unidad*. Según esta tesis, los contenidos de las percepciones y de algunas creencias acerca de magnitudes no están especificados en *ningún* tipo de unidad, convencional u otra.

Alguien podría aceptar la primera tesis y aún así querer rechazar la segunda. Así, el detractor de la tesis de carencia total de unidad podría sostener que existe una determinada unidad de medida en la cual se expresan los contenidos de las percepciones de (por ejemplo) longitudes, pero que tal unidad de medida no se condice con ninguna de las unidades de medida públicamente utilizadas en nuestras tareas cotidianas. Mayores especificaciones sobre el origen, la naturaleza y el funcionamiento de esta supuesta unidad de medida serían sin duda necesarias y fundamentales, pero se puede hacer abstracción de ellas para plantear la presente cuestión. Piénsese, si así se desea, que el detractor postula una suerte de unidad de medida privada e innata, relacionada con la percepción del propio cuerpo y actualizada durante el crecimiento de éste. O una que se apoye en la percepción del éxito o fracaso de tareas motrices de manipulación del entorno inmediato y que construya medidas de longitud a partir de la percepción de, por ejemplo, la máxima distancia en la que es posible manipular un objeto sin la necesidad de desplazarse. Un detractor como éste podría aceptar la tesis de carencia de unidad convencional y rechazar, al mismo tiempo, la tesis de carencia total de unidad.

Sin embargo, Peacocke (1986) ofrece un segundo argumento, independiente del primero, que parece bloquear también este tipo de estrategias. Este argumento se apoya en dos supuestos ampliamente aceptados. Primero, que nuestros poderes de discriminación perceptiva son limitados y que, debido a ello, podemos (y, sospecho, solemos) percibir cosas diferentes como similares. Segundo, que la relación de similitud no es transitiva. Nuevamente, ambos supuestos parecen difíciles de criticar. El problema que la aceptación de ambos supuestos implica para el detractor de la tesis de carencia total de unidad es que parecen llevarlo a una contradicción inevitable. Y es que, si es cierto que los contenidos de las percepciones de magnitudes están dados en una determinada unidad de medida (fuese ésta la que fuese) y si es cierto que es posible percibir cosas distintas como similares, entonces parece seguirse que no podrá hacerse ningún uso coherente de la mencionada unidad de medida. Esto se debería a que siempre será el caso que una determinada magnitud sea perceptivamente indistinguible de otras dos, cada una de las cuales es percibida con una medida diferente de la otra. Así, respecto a la imposibilidad de explicar de este modo la percepción de direcciones, Peacocke sostiene:

[...] si a coincide con b , b coincide con c , pero a no coincide con c , no hay ninguna dirección precisa experimentada que pueda ser coherentemente atribuida a a , ya que debería ser la misma que la de c (debido a que es la misma que la de b , con la cual tanto a como c coinciden) y diferente de ella (debido a que a no coincide con c). (Peacocke 1986, p. 301, mi traducción)

Llamaré a éste el *argumento de la intransitividad de las apariencias*. Este argumento parece, a primera vista, ser devastador para todo detractor de la tesis de carencia total de unidad. Esto

se debe a que, sin importar la forma en que se especifique la unidad de medida a ser utilizada en los contenidos de la percepción acerca de magnitudes, el supuesto referido al límite de nuestros poderes de discriminación es lo que produce la contradicción³. Y tal supuesto es, al menos a mi entender, “roca sólida”. Por lo tanto, la carencia total de unidad parece ser una propiedad adecuada para caracterizar el contenido de la experiencia sensible. Más aún, si se acepta el presupuesto de que nuestro pensamiento conceptual acerca de magnitudes siempre las expresa utilizando una unidad de medida y si se acepta la conclusión de que es aparentemente imposible caracterizar coherentemente el contenido de la experiencia perceptiva de magnitudes utilizando unidades de medida precisas, entonces parece seguirse que el contenido de la experiencia perceptiva de magnitudes es radicalmente diferente del contenido de nuestras creencias acerca de ellas. Una diferencia que, como el mismo Peacocke señala, podría dar buenos motivos para considerar que el contenido de las experiencias perceptivas de magnitudes es de un tipo diferente al de las creencias acerca de ellas. Es decir, que tal contenido perceptivo es de tipo no-conceptual.

Objeciones al argumento: costo y alcance

Sin embargo, a pesar de la fortaleza que el argumento posee cuando se lo enuncia en el frío vacío de la argumentación lógica, considero que hay algo en el funcionamiento empírico del sistema perceptivo humano que contradice su conclusión. En particular, sospecho que el argumento de la intransitividad de las apariencias también podría aplicarse a casos de experiencias perceptivas cuyos contenidos no estén relacionados con magnitudes y para los cuales las conclusiones del argumento resultarían indeseables, como mínimo.-

Tómese por caso la clasificación, identificación y reconocimiento de rasgos, eventos u objetos presentes en la experiencia perceptiva. Estas tareas, que conjuntamente constituyen los llamados procesos de categorización, parecen ser ubicuas y automáticas en la experiencia perceptiva. Es decir, no parece ser el caso que la experiencia visual, por ejemplo, esté constituida por una serie de “manchas” sobre las que uno opera una serie de procesos de clasificación (“estas manchas son una silla, estas manchas son una mesa”). Más bien, la experiencia perceptiva se da *ya* categorizada, es decir, su contenido se da ya clasificado. Esto parece ser acorde a ciertas ideas de Gibson que Dretske, un reconocido autor no-conceptualista, recoge:

Según Gibson, el mundo visual consiste en nuestro mundo cotidiano de sillas, árboles, edificios y personas. Estas son las cosas que vemos bajo condiciones perceptivas *normales*. Pero podemos, sin embargo, ponernos en una perspectiva mental -aquello que a veces es llamado una perspectiva fenomenológica- o someternos a condiciones perceptivas *anormales* (en la llamada “reducción perceptiva”, en la cual mucha de la información es removida del estímulo) en la cual podemos (según Gibson) percibir una constelación diferente de objetos. En estos estados alterados ya no vemos un mundo estable de objetos sino un conjunto de entidades continuamente variables (...) Bajo tales condiciones perceptivas *alteradas* (o reducidas), ya no es cierto que el sujeto vea objetos físicos. (Dretske 1981, p.166, mi traducción y énfasis)

Como bien señala Dretske, es la percepción de objetos ya categorizados como sillas, árboles, etc., lo que constituye la experiencia perceptiva cotidiana y no la percepción de los estímulos sensibles en abstracción de tales categorías. Es por esto que la “reducción fenomenológica” implica un estado perceptivo *anormal*. Es un esfuerzo extra de abstracción, y no la ausencia de un esfuerzo cotidiano, por parte del sujeto percipiente. Dretske, quien sostiene una posición no-conceptualista, no parece objetar sino reconocer lo señalado por Gibson. De hecho, ofrece un ejemplo para ilustrarlo, en la forma de lo que ocurre al escuchar a los hablantes de un idioma que uno desconoce, en contraposición a lo que ocurre cuando (en otro momento) se escucha el mismo idioma conociéndolo. La idea detrás del ejemplo es que el primer caso se asemejaría a lo que ocurre durante la experiencia sensible reducida fenomenológicamente, mientras que el segundo caso correspondería a la experiencia perceptiva normal.

Peacocke mismo parece reconocer, al menos hasta cierto punto y usando otros términos, que algo como esto ocurre en la experiencia sensible. En este sentido es que sostiene que “Cuando entramos a una habitación, incluso a una habitación llena de esculturas abstractas, percibimos las cosas en ella *como teniendo formas particulares*: y no hay duda de que esto requiere que tengamos previamente los conceptos de estas formas particulares” (Peacocke 1986, pp.315-316, mi traducción y énfasis). Algunos de estos objetos pueden corresponderse con conceptos claramente definidos y de bordes considerablemente nítidos, como ÁRBOL, CUADRADO o PERSONA. Pero encuentro difícil de objetar que la percepción visual también incluye otros objetos y propiedades categorizados sobre la base de conceptos considerablemente más difusos, tales como PELADO, FLACO, GORDO, LINDO, VIEJO, JOVEN, entre muchos otros. Negar que tal fuese el caso implicaría sostener, por ejemplo, que uno puede ver a su abuelo y reconocerlo inmediatamente como una persona, pero que necesita hacer un esfuerzo cognitivo adicional (¿cada vez que lo ve!) para notar su insipiente calvicie. Considero que ésta no sería una buena descripción de lo que ocurre cuando uno ve a su abuelo. Por el contrario, considero que uno percibe que su abuelo es una persona con la misma facilidad, y en forma igual de automática, en la que uno percibe que es el propio abuelo, que está calvo y muy feliz de que lo visiten.

¿Cuál es la relevancia de este ejemplo para la percepción de las magnitudes? Que parece haber casos fácilmente aceptables de categorización en la experiencia perceptiva, realizados en forma automática, sobre la base de conceptos con márgenes difusos. Y también parece que, para cada uno de esos casos, es posible replicar el argumento de la intransitividad de las apariencias de Peacocke. Pero esto implicaría, por analogía, que es imposible realizar categorizaciones coherentes en la experiencia perceptiva que involucren conceptos difusos. Y eso parece, simplemente, erróneo: tales categorizaciones se realizan, de hecho, con abrumadora regularidad, coherencia y racionalidad. Es decir, el que estos conceptos sean difusos no parece atentar contra su uso racional en tareas de categorización.

Así, por ejemplo, se podría pensar que si *a* es percibido como pelado y *b* es indistinguible de *a* y de *c* en el sentido relevante (e.g. la cantidad de cabello), pero *c* no es percibido como pelado, entonces, no existe una forma racional de utilizar el concepto PELADO. Y, para los

temas que atañen en forma más central a este trabajo, no habría en la experiencia perceptiva estándar contenidos acerca de personas peladas⁴ (al menos no en el sentido en que puede haber, para Peacocke, el contenido de que algo posee una determinada forma geométrica abstracta). Pero a pesar de que uno acepte los límites en nuestros poderes de discriminación, así como que seguramente existen personas con las cantidades adecuadas de cabello para provocar un caso de intransitividad de las apariencias, parece bastante difícil (y costoso) rechazar que la gente tenga experiencias perceptivas de pelados, como pelados, sin problema alguno. Encuentro difícil de creer que alguien haya, alguna vez, percibido a Eddie Van Halen como pelado. Casi tan difícil como creer que alguien no haya percibido de tal forma una imagen actual de Bruce Willis.

Llegado a este punto, parece plausible sostener que el argumento de la intransitividad de las apariencias no se aplica, de hecho, a los procesos de categorización en la percepción. No porque tales procesos consigan, de algún modo, tornar la relación de similitud en una relación transitiva, sino porque tales categorizaciones no parecen realizarse con la irracionalidad e incoherencia que el argumento les atribuye. Pero, si este es el caso, también parece arbitrario sostener que tal argumento sí se aplica a las unidades de medida que podría proponer un detractor de la tesis de carencia total de unidad. Naturalmente, esto podría resultar bastante sorprendente. ¿Cuál podría ser el problema del argumento de la intransitividad de las apariencias?

Una primera opción sería postular que el éxito del argumento depende de realizar tareas de comparación que no necesariamente están dadas en la percepción. Así, por ejemplo, podría sostenerse que la contradicción solamente tiene lugar si se perciben *a*, *b*, *c* y, además, se realiza una comparación progresiva y ordenada de su similitud y correspondencia con determinado concepto o unidad de medida. Imagínese, por ejemplo, que hay dos individuos en una habitación. Uno no posee ningún pelo en su cabeza, el otro posee un único pelo. Luego, se le pide a un observador que, tras examinar a los dos individuos, diga si son o no pelados. Tras su respuesta afirmativa, el individuo con menos pelos es reemplazado por otro que tenga un pelo más que aquel con más pelos. Luego, se vuelve a pedir al observador que examine a los individuos y declare si son o no pelados. El proceso se repite hasta que Eddie Van Halen entra en la habitación.

Parece factible pensar (suponiendo que “un pelo” sea una diferencia relevante no discriminable perceptivamente) que el observador en cuestión comenzará a realizar, a mitad del experimento, declaraciones bastante cuestionables con respecto a la calvicie de las personas. Estas declaraciones estarán fundamentadas en el deseo del observador de mantener cierta coherencia con sus declaraciones anteriores. Pero este intrincado experimento dista mucho de ser una buena representación de la experiencia perceptiva habitual. Ya sea para la percepción de gente pelada, o de magnitudes, parece bastante más habitual percibir casos aislados y lo suficientemente diferentes entre sí como para no generar este tipo de problemas. Asimismo, incluso cuando de hecho se producen comparaciones entre los contenidos de la percepción, no veo por qué éstas tendrían lugar en el meticuloso y preciso orden que llevarían al sujeto a caer en una contradicción.

Más aun, un experimento como éste podría incluso realizarse sin apelar a conceptos de márgenes difusos. Se podría, por ejemplo, dar al observador imágenes sucesivas de cuadrados cuyos lados se van ondulando progresiva e imperceptiblemente hasta formar un círculo. Esto tornaría la percepción de formas geométricas en casos susceptibles de ser atacados con el argumento de la intransitividad de las apariencias. Sin embargo, Peacocke (1986, 1992) explícitamente trata la percepción de formas geométricas en tanto formas geométricas, como contenidos de la experiencia sensible. Con lo cual debería pensarse que estas comparaciones ordenadas y progresivas, y la contradicción que ellas implican, no forman parte de la experiencia perceptiva habitual de los sujetos.

Por otro lado, y en segundo lugar, podría decirse que incluso en este experimento ocurriría algo más. Llegado cierto punto, el observador notará una discrepancia entre lo que, para mantener cierta coherencia, se siente obligado a decir y aquello que de hecho percibe. Es decir, llegará el punto en que comenzará a pensar que la persona que acaba de entrar en la habitación claramente no es pelada, incluso si es indistinguible en el aspecto relevante de la última persona a la que declaró como pelada. Una forma de explicar esto podría ser apelando a una suerte de comparación con ejemplares. Podría sostenerse, por ejemplo, que hay determinado ejemplar de “pelado” (y, para las magnitudes, determinado ejemplar de la medida que se usa de patrón) y que cada categorización se realiza en forma separada, mediante una comparación con tal ejemplar. Llegado cierto punto, el contenido a ser categorizado o cuantificado simplemente será muy diferente del ejemplar en cuestión, sin importar su similitud con el último objeto cuantificado o categorizado.

Pero se objetará que todo esto es, en última instancia, irrelevante. Puesto que, incluso aceptando que algo así tuviese lugar, esto sería insuficiente para solucionar el problema de la contradicción. Porque seguiría siendo cierto que uno es capaz de percibir un b , tal que sea indistinguible de a y de c , mientras que a y c son distinguibles entre sí en el sentido relevante (medida de la magnitud, calvicie, ondulación de los lados, etc.). Y esto sería, nuevamente, cierto. Pero, en tercer lugar, también sería posible pensar que un sistema tan complejo y eficiente como nuestro sistema perceptivo puede poseer determinadas “medidas de seguridad” para evitar que casos como éste produzcan un colapso. “Medidas de seguridad” similares a las que habitualmente son incorporadas en programas de computación que son mucho más sencillos en su funcionamiento que nuestro sistema perceptivo. Así, por ejemplo, podría pensarse que el sistema asigna un valor aleatorio (entre los dos en disputa) a b . O, si la aleatoriedad es un problema, el último valor (de los dos en disputa) en haber sido asignado a algo. O, si la memoria es un problema, el valor que sea más compatible con los objetivos inmediatos del sujeto. O lo que fuese.

Conclusiones

En síntesis, considero que aceptar el argumento de la intransitividad de las apariencias en favor de la tesis de la carencia total de unidad en la percepción, tiene un alto e inesperado precio. Implica la imposibilidad de realizar procesos de categorización utilizando conceptos difusos

(y tal vez, si se presiona lo suficiente el ejemplo de los cuadrados, la imposibilidad de realizar procesos de categorización en general). Pero la existencia de contenidos perceptivos basados en categorías difusas parece un dato difícil de rechazar. Por lo tanto, considero que no debe aceptarse la tesis de la carencia total de unidad sobre la base del argumento de la intransitividad de las apariencias. Y esto, a su vez, implica que no se han dado razones suficientes para caracterizar la experiencia sensible como totalmente carente de unidad.

¿Implica esto un error en la forma de razonar de Peacocke? ¿Bajo ningún punto de vista! Su argumento para defender la carencia total de unidad es lógicamente impecable. Pero sus conclusiones, y las consecuencias que de ellas se desprenden, no parecen coincidir con ciertos aspectos reconocidos de nuestra experiencia perceptiva cotidiana. Por ello, no pretendo sostener que el razonamiento de Peacocke sea erróneo. Más bien, sostengo que sus consecuencias no parecen aplicarse al sistema perceptivo humano estándar. ¿Implica esto, entonces, la falsedad de la tesis de carencia total de unidad? Lamentablemente, tampoco. Tan solo implica, en el feliz caso de que mi argumentación sea correcta, que las razones aludidas por Peacocke (el argumento de la intransitividad de las apariencias) son insuficientes para tornarla verdadera. Probar la falsedad de la tesis implicaría mostrar la existencia de dos cosas. En primer lugar, el elemento empírico real que evitaría que la contradicción postulada por Peacocke tenga lugar. En segundo lugar, la dichosa unidad de medida que de hecho sería utilizada por el sistema perceptivo humano.

Si bien he intentado dar razones a favor de la existencia del elemento empírico, he hecho muy poco (si algo acaso) para bosquejar posibles candidatos para el mismo que evitarían que ocurra la contradicción, así como candidatos para la unidad de medida. Sospecho que alguna de las “medidas de seguridad” mencionadas, o alguna bastante parecida a ellas, puede ser la responsable de evitar la contradicción. Asimismo, sospecho que el sistema sensorio-motor podría funcionar sobre la base de un sistema de medidas fundado en la percepción del éxito o fracaso de tareas de modificación o navegación del entorno inmediato. Así, percepciones como las del máximo alcance de la mano, o de la propia altura (por ejemplo, para atravesar obstáculos en forma erguida) podrían servir como patrones para unidades privadas (i.e. subjetivas) de medida de distancia y longitud. Sin embargo, hasta que no se diga o descubra más al respecto, lo que acabo de mencionar dista mucho de ser una postulación seria de una unidad de medida en el contenido de la experiencia perceptiva. Y, más aún, de ser una demostración de su existencia.

De este modo, podría concluir que si bien considero evidente la verdad de la tesis de carencia de unidad convencional, considero insuficientes (o demasiado costosas) las razones que Peacocke ofrece en apoyo de la tesis de carencia total de unidad para el contenido de la percepción. Tales razones no implican que, necesariamente, el contenido de la experiencia perceptiva humana estándar carezca por completo de unidad de medida. Y, por ende, que tal supuesta carencia de unidad resulta insuficiente como fundamento o punto de partida para cualquier posición híbrida o no-conceptualista en el debate acerca del tipo de contenido de la experiencia perceptiva.

Notas

1. El argumento que se analizará en este trabajo no pretende mostrar que la totalidad del contenido de la experiencia perceptiva es de tipo no-conceptual, sino que al menos una parte de su contenido es de tal tipo.
2. Entenderé por “posiciones híbridas” en el debate acerca del tipo de contenido de la experiencia perceptiva, aquellas que atribuyen tanto contenido conceptual como no-conceptual a la experiencia perceptiva de los humanos adultos estándar. Tal sería el caso de la posición de Peacocke (1986, 1992, 1994, 1998, 2001).
3. Múltiples argumentos no-conceptualistas apelan a limitaciones del sistema perceptivo para apoyar sus conclusiones. En este trabajo me focalizaré únicamente en el uso que Peacocke (1986) hace de nuestras limitaciones discriminativas para sostener que, debido a la intransitividad de las apariencias, la experiencia perceptiva debe poseer contenido no-conceptual.
4. Esto se debería a la posibilidad de replicar el argumento de la intransitividad de las apariencias (que Peacocke utiliza para sostener la inexistencia de contenidos con unidad de medida) para sostener la inexistencia de contenidos basados en conceptos difusos. Esto es particularmente apremiante para una posición que, como la del mismo Peacocke, sostenga que la experiencia perceptiva posee tanto contenido no-conceptual como conceptual.

Bibliografía

- BERMÚDEZ, J., (1994). Peacocke's Argument against the Autonomy of Nonconceptual Representational Content. En Gunther, Y., H., (Ed.), *Essays on Nonconceptual Content* (pp. pp. 293-307). Cambridge, Massachusetts, The MIT Press.
- BERMÚDEZ, J., (1998). *The Paradox of Self-Consciousness*, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press.
- BERMÚDEZ, J., (2007). What Is at Stake in the Debate on Nonconceptual Content? *Noûs*, 41 (21), pp. 55-72.
- BREWER, B., (1999). *Perception and Reason*. Oxford, Oxford University Press.
- BREWER, B., (2001). Précis of Perception and Reason. *Philosophy and Phenomenological Research*, 63 (2). pp. 405-416.
- BREWER, B., (2005). Perceptual experience has conceptual content. En E. Sosa y M. Steup (Eds.), *Contemporary Debates in Epistemology* (pp. 217-230). Oxford, Blackwell.
- BYRNE, A., (2005). Perception and Conceptual Content. En E. Sosa y M. Steup (Eds.), *Contemporary Debates in Epistemology* (pp. 231-250), Oxford, Blackwell.
- CRANE, T. (1988) The waterfall illusion. En Gunther, Y. (ed.) *Essays on Non conceptual Content* (pp. 231-236), Cambridge, A Bradford Book-The MIT Press.
- DRETSKE, F. (1981) *Knowledge and the Flow of Information*. Cambridge MA, MIT Press.
- EVANS, G., (1982) *The Varieties of Reference*. Oxford, Oxford University Press.
- HECK, R., G., (2000). Non-Conceptual Content and the 'Space of Reasons'. *The Philosophical Review*, 109 (4), pp. 483-523.
- MCDOWELL, J., (1994). *Mind and World*. Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press.

- MCDOWELL, J., (1998). Reply to Commentators. *Philosophy and Phenomenological Research*, 58 (2), pp. 403-431.
- MCDOWELL, J., (2009). *Having the World in View: Essays on Kant, Hegel, and Sellars*. Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press.
- PEACOCKE, C. (1986). Perceptual content. En J. Almog, J. Perry, y H. Wettstein (eds.) *Themes from Kaplan* (pp. 297-330), New York: Oxford University Press.
- PEACOCKE, C. (1992). Scenarios, Concepts, and Perception. En Gunther, Y. (ed.) *Essays on Non conceptual Content* (pp. 107-132), Cambridge, A Bradford Book-The MIT Press.
- PEACOCKE, C., (1994). Nonconceptual Content: Kinds, Rationales, and Relations. En Gunther, Y., H., (Ed.), *Essays on Nonconceptual Content* (pp. 309-322), Cambridge, Massachusetts, The MIT Press.
- PEACOCKE, C., (1998). Nonconceptual Content Defended (Comment on McDowell's 'Mind and World'). *Philosophy and Phenomenological Research*, 58 (2), pp. 381-88.
- PEACOCKE, C., (2001). Does Perception Have a Nonconceptual Content? *The Journal of Philosophy*, 98 (5), pp. 239-264.
- SPEAKS, J., (2005). Is There a Problem about Nonconceptual Content? *The Philosophical Review*, 114 (3), pp. 359-398.

Rosalind Franklin o las trampas de la ciencia

Rosario Sosa, Daniela Bargardi *

1. Introducción

Los estudios recientes sobre la historia y la práctica de la ciencia han llevado los argumentos de Kuhn en direcciones que él no recorrió. En dónde la descripción de Kuhn trataba de presentar la imagen de una comunidad científica autónoma en aspectos bastante significativos, los estudios posteriores han intentado demostrar la coherencia de la ciencia con los proyectos intelectuales y políticos de las culturas en las que tiene lugar la ciencia como una más de las muchas actividades humanas.

No obstante, compartimos plenamente la siguiente idea de Harding (1996) de que la mayoría de los estudios sociales post-kuhnianos de las ciencias naturales, como sus antecesores filosóficos e históricos pre-kuhnianos, han evitado de forma sistemática examinar las relaciones entre *género* y *ciencia*, tanto en sus dimensiones históricas como sociológicas.

Desde hace poco tiempo se ha comenzado a trabajar el aporte de las mujeres en el campo de la historia del pensamiento biológico. Aquí como en otros campos, su papel fue relegado o mayoritariamente olvidado como co-protagonistas en su dimensión de participantes y contrastadoras de conocimiento.

Podemos afirmar que la complejidad del proceso de construcción de la ciencia y la controversia que plantea el caso de Rosalind Franklin son motivos importantes para reflexionar acerca de los valores.

Sirve de disparador la pregunta que formula Latour, en *Ciencia en acción* (1992): “¿Dónde podemos comenzar un estudio de la ciencia y la tecnología?” (Latour, 1992: 2) Utiliza la imagen mítica de las dos caras de Jano para representar la ciencia elaborada y la ciencia en proceso de elaboración. Ambas caras, hablan al mismo tiempo y dicen cosas distintas, creando confusión y controversias. De este modo, manifiesta el autor, que desde el punto de vista metodológico, lo más conveniente es ingresar por la puerta trasera de la ciencia, la que se encuentra en proceso de elaboración y no, por la más imponente entrada de la ciencia elaborada (cfr. ob. cit.: 4). Y más adelante en el texto, agrega Latour: “No intentaremos analizar los productos finales, un ordenador, una central nuclear, una teoría cosmológica, la forma de la doble hélice [...] en su lugar, seguiremos la pista a los científicos y a los ingenieros en los momentos y lugares en que planifican [...]”(ob. cit., 21). Es allí donde se puede obtener una visión integrada de los valores, analizar el modo como intervienen en una planificación, en la toma de decisiones o en la resolución de controversias. La ciencia como cualquier otra actividad humana nos ofrece modelos donde se intersectan distintos valores, de allí la importancia del caso que nos ocupa.

* Universidad Nacional de Salta

En síntesis, proponemos reflexionar, a partir del caso de Rosalind Franklin, sobre dos aspectos de raigambre epistemológica en el descubrimiento del DNA: el tema de los valores y la ciencia y, en segundo lugar, la relevancia de los aportes científicos de Franklin en dicho descubrimiento. Así, nos permite hacer una doble aproximación desde las prácticas científicas: por un lado, realizar consideraciones con respecto a qué valores entran en juego en un equipo de investigación y, por el otro, ensayar una respuesta a la pregunta sobre ¿qué significó y cuál fue la importancia de la imagen 51 que había logrado la científica inglesa?

2. En torno a las prácticas científicas de un laboratorio

Los estudios epistemológicos actuales presentan tesis que cuestionan aspectos centrales de la concepción tradicional. Entre ellas, encontramos la postura internalista de la ciencia, propia de la corriente positivista, que dio lugar a lo que se conoce como cientificismo. La ciencia es presentada como modelo de todo tipo de saber y, en consecuencia, de racionalidad. De este modo, por muchos años participamos de la visión de una ciencia objetiva, autorregulada por el valor de verdad, con valores, exclusivamente cognoscitivos, relacionados con la coherencia, la validez, la exactitud, entre otros. El presupuesto que funda el proyecto positivista consiste en sostener que sólo las cuestiones de justificación conciernen al pensamiento científico y reducen éste, al análisis lógico.

En la década del 60 importantes propuestas epistemológicas presentan criterios alternativos en la caracterización de la ciencia y se incluyen factores relacionados con lo social, político, económico, psicológico, comprometidos con el proceso de construcción de las teorías, ofreciendo nuevos conceptos acerca de lo que *es* la actividad científica. Comienza así a superarse la concepción de esta última como *logro*, en la cual lo que vale son los resultados, analizados en función de las consecuencias de su aplicación a la sociedad. Consecuencias que, ya sean buenas o malas, dejan abierta la discusión de si los valores provienen de la ciencia o si son fruto de las distintas decisiones humanas pero, en resumidas cuentas, se sigue considerando aquella como objetiva. Esta situación se complejiza cuando reconocemos que la ciencia como proceso incluye, por un lado, posiciones teóricas ligadas a los objetivos y fines a lograr y, por otro, la responsabilidad en el manejo de la realidad, de los instrumentos y las discusiones que se presentan en el trabajo diario. Kreimer en la “Introducción” del libro de Knorr Cetina (2005), *La fabricación del conocimiento*, expresa lo siguiente:

[...] el principal aporte de Knorr Cetina consiste en que rompe con la idea de que los científicos tienen -qua científicos- un solo modo de razonamiento, sustentado en algunas de las variantes del método científico, donde prima la racionalidad, [...] tanto en las prácticas como en los discursos.[...], esta autora desarrolla una rica sociología que muestra que los científicos pueden ser analizados según diferentes “lógicas” en movimiento: el científico como razonador “práctico”, “indicial”, “analógico”, “socialmente situado”, “literario” y “simbólico” (Knorr Cetina, 2005: 37-38).

Las observaciones que realiza les permiten decir que el científico es un sujeto social y, como

tal, sus razonamientos y sus prácticas no tienen diferencias sustanciales con otros razonamientos y prácticas sociales.

La nueva filosofía de la ciencia nos introduce así, en una imagen distinta de la ciencia, nos plantea formas de descubrimiento y justificación que nos acercan, por un lado, a las prácticas científicas referidas especialmente a las ciencias experimentales y, por otro, a la relación ciencia y sociedad.

Latour (1992) reconoce que el cuestionamiento de qué es la naturaleza y qué es la sociedad no pueden desligarse y, por lo tanto, es necesario replantearnos la posibilidad de articular las colectividades en las que estamos involucrados a través de una antropología comparada que nos permita ver la manera de cómo superar la dualidad naturaleza – sociedad. Así, podríamos hablar de una estructura distinta al referirnos a la ciencia en acción, en donde los científicos trabajan en *pro* de objetivos cognitivos y no cognitivos. Actividad que conocemos como “práctica científica”.

Sostiene Martínez (2005) que las prácticas científicas nos permiten retomar el estudio de la ciencia y la tecnología desde la perspectiva de los problemas metafísicos y epistemológicos que plantea. Por “práctica científica”, dice el autor, puede entenderse: “[...] como un complejo de normas y estructuras de razonamiento, [...] “estructuras heurísticas”, en las cuales se (re) presentan fines y valores de manera concreta, que llevan al descubrimiento de fenómenos y su estabilización como un recurso socialmente disponible en la tecnología” (Martínez, 2005:7-8).

Nos interesa introducir con Echeverría (2008), en el marco de la filosofía de la práctica científica, el *giro praxiológico*, por él iniciado, en los estudios de ciencia y tecnología. Según el cual, la axiología de la ciencia es uno de los aspectos relevantes. En palabras del autor:

Merton fue el primero en subrayar este componente axiológico de la ciencia, denominándolo ethos de la ciencia. Bunge, Kuhn, Putnam, Laudan, Agazzi, Olivé y muchos más han insistido en que la ciencia tiene sus propios valores: no hay ciencia value-free. La axiología de la ciencia se ocupa de investigar cuáles son los valores que guían u orientan las acciones científicas (Echeverría, 2008: 131).

3. ¿De qué valores hablamos cuando hablamos de valores en la actividad científica?

Los cambios planteados en la imagen de la ciencia producen una nueva perspectiva de análisis en la axiología de la ciencia. Al considerar que la ciencia es un complejo de prácticas y que los valores cognitivos, son simplemente modos en los que se realiza la actividad científica, resulta esperable que entre ciencia y valores haya una interacción más amplia. De este modo, no tiene sentido hacer una distinción entre valores cognitivos y no cognitivos.

Los valores inciden en la ciencia en la medida que un cierto tipo de prácticas incide en otras, y la ciencia incide en la formación o cambio de valores de la misma forma, [...] La ciencia puede verse desde esta perspectiva como una manera de administrar y promover cierto tipo de instituciones y prácticas que se consideran importantes para dirigir los cambios sociales

en ciertas direcciones y no otras, de acuerdo a ciertos valores (Martínez, 2005: 8).

Nicholas Rescher (1999) en *Razón y valores en la Era científico- tecnológica*, señala que los valores en la ciencia funcionan de modos diferentes y propone una clasificación en la cual destacamos la de los “Valores de la ciencia en cuanto proceso de producción”:

Ciertos factores de valor representan los desiderata del trabajo científico y de quienes lo realizan. Éstos incluyen rasgos tales como perseverancia y persistencia, veracidad y honradez, actuación a conciencia y cuidado por el detalle. En este ámbito también se encuentran los valores afectados en el problema de la elección; los asuntos particulares y las cuestiones a las que uno dedica sus esfuerzos. Y estos también están incluidos al gestionar un sistema de incentivos y premios (Rescher, 1999: 94-95).

Como podemos observar la creencia de una ciencia valorativamente neutra es un ideal que se remonta al concepto de ciencia teórica y está relacionada con la tesis de la autonomía de la ciencia, que según Martínez, es una versión de la ciencia que apunta claramente a un ideal político, a la idea de que la ciencia debe ser administrada por los científicos (Cfr. Martínez, 2005: 2).

4. Rosalind Franklin y el descubrimiento del DNA

Comencemos haciendo un poco de historia de quien era y qué formación tenía Rosalind Franklin. Nació en una familia judía de Londres en 1920, fue la segunda de cinco hijos. Obtuvo un título universitario en Física, Química y Matemática en el colegio mayor femenino de la Universidad de Cambridge. En una época donde las mujeres no se les otorgaba el grado de Licenciado, no se las consideraba parte del claustro y se limitaba el número de doctorandas. Ingresó a los Archomedanas, y en una de las conferencias de la Sociedad, conoce al Profesor William Bragg, ganador del Premio Nobel en 1915 por demostrar que los rayos X permiten descubrir las estructuras de los cristales. Así, Rosalind, entra en contacto con la cristalografía y el mundo de lo extraordinariamente pequeño en tres dimensiones.

A pesar de la Guerra, en 1941, Franklin concluye su carrera con buenas calificaciones y consigue una beca, entrando a trabajar con un futuro Premio Nobel, el físico-químico Ronald Norrish. Al año siguiente acepta un trabajo para estudiar el carbón a las órdenes de Donald Bangham. Luego de investigar sus diferentes tipologías, Rosalind presenta cinco publicaciones y consigue doctorarse.

En 1946 Franklin decide salir de Inglaterra y logra entrar a trabajar como físico-química junto a Marcel Mathieu, que gestiona un centro de investigación en París. A su lado, Rosalind aprende y desarrolla importantes e innovadoras técnicas, entre las que se destacan las de difracción de rayos X o cristalografía de rayos X. Esta era una técnica compleja y poco conocida, que pretende aplicar el método de la cristalografía a materias no cristalinas. En aquella oportunidad, perfecciona dichos procesos y publica varios estudios sobresalientes.

En 1950 sus avances en dicha disciplina son conocidos por John Randall, director del

laboratorio del *King's College* de Londres, quien la invita a sumarse a su unidad de investigación en la que sólo trabajarían ella y el que sería su mano derecha, Raymond Gosling. Éste había sido hasta ese momento ayudante de un físico neozelandés, Maurice Wilkins, que había trabajado en el DNA, aunque las imágenes que había obtenido eran confusas. Rosalind acepta la propuesta y vuelve a Inglaterra al año siguiente. Monta su laboratorio cubriendo las carencias que su antecesor, Wilkins, no había sido capaz de cubrir. Éste al volver de sus vacaciones se molesta por las mejoras en su laboratorio y, porque su ayudante Gosling, ahora asiste a Rosalind. Estas cuestiones las marcan algunas biografías y manifiestan que Wilkins tenía una mala predisposición hacia ella.

En mayo de 1952, la científica inglesa, consigue, con el difractor de rayos X, fotografiar la cara B del DNA hidratado, logrando la famosa foto 51.

Dejemos en suspenso la historia de Rosalind y expliquemos algunas cuestiones del contexto de la investigación del DNA a fin de entender la relevancia del descubrimiento de Franklin.

Como narra Gribbin (2005) Gran Bretaña, después de la Guerra, financiaba en forma limitada la investigación científica. Sólo había dos grupos capaces de abordar el problema de la estructura del DNA: uno dirigido por Max Perutz en el *Cavendish Laboratory* y, otro que dirigía John Randall en el *King's College* de Londres. Ambos financiados por la misma organización, además, había razones obvias para evitar una duplicación de esfuerzos que supondría derrochar unos recursos limitados. Se llegó a un acuerdo, no formal sino entre caballeros, por el que el equipo del *King's College* tendría prioridad en el intento de develar la estructura del DNA. En palabras de Gribbin (2005):

La pega, [...], era que el equipo del King's College, dirigido por Maurice Wilkins (1916-), no parecía tener mucha prisa para terminar el trabajo, y además tenía la desventaja de que Rosalind Franklin (1920-1958), una joven investigadora que realizaba unas excelentes fotografías del ADN mediante la difracción de rayos X y tenía que haber sido colaboradora de Wilkins, se vio ampliamente marginada del trabajo por el propio Wilkins a causa de una discrepancia de caracteres que, según parece, pudo haber estado basada, al menos en parte, en prejuicios contra ella por ser mujer (Gribbin, 2005: 459-460).

Y continúa este autor en el siguiente apartado:

Fue el desorden existente dentro del equipo del King's College ("equipo" sólo de nombre) el que abrió una ventana de oportunidades para un temerario y joven estadounidense, James Watson (1928-), que [...] estaba firmemente decidido a investigar la estructura de ADN y no sabía nada sobre pactos entre caballeros ingleses, ni le importaban (Gribbin, 2005: 460).

A Watson se le asignó un espacio para trabajar con un estudiante inglés del doctorado, Francis Crick, quien poseía una formación y planteamiento coincidentes con respecto a los de Watson.

Bragg advirtió en dos ocasiones a Crick que dejara el estudio del ADN al equipo del *King's College* y en ambas ocasiones Crick las ignoró.

Aunque la idea teórica y la construcción práctica de modelos eran importantes, todo dependía de las fotografías realizadas mediante la difracción de rayos X, y era Astbury el que había obtenido las primeras imágenes de este tipo en 1938. Fotografías que no fueron superadas hasta la década de 1950, cuando se hizo cargo del tema el equipo de Wilkins, en particular Rosalind con la ayuda de Gosling.

Solís y Sellés (2005) relatan el descubrimiento del ADN del siguiente modo:

Las placas de difracción que obtuvo Maurice Wilkins [...] en 1950 apuntaban hacia una estructura helicoidal, y entonces probó con un modelo constituido por una sola hélice; por su parte, Pauling probó con un modelo de tres. Pero fueron Francis [...] Crick [...] y James [...] Watson [...] quienes en 1953 dieron con el modelo correcto: una doble hélice. Las principales claves para el descubrimiento, además de las excelentes imágenes de refracción obtenidas por Rosalind E. Franklin [...], quien trabajaba con Wilkins, [...] (Solís y Sellés, 2005: 1145).

En la búsqueda bibliográfica acerca de cómo se narra el descubrimiento del ADN, hay dos versiones: en textos más antiguos de Historia de la Ciencia, sólo se menciona que Rosalind contribuyó (en algunos casos en forma conjunta con Wilkins) con la imagen 51, que llevó a Watson y a Crick al modelo correcto de la molécula de ADN. Pero, la segunda versión, como la de Maddox (2002), Sayre (2000) o, por ejemplo, la de Casado Ruiz (2006), quien relata que Watson, quería conocer los resultados del King's. Porque sabía que Rosalind tenía lo que ellos necesitaban, por el hecho de que ella había dado algunas charlas en el King's College. Wilkins, a espaldas de Rosalind, le enseñó a Watson las fotos concluyentes que ésta había obtenido y cuyos resultados aún no había publicado. Watson atribuye a Wilkins la idea de que ella no sabía aportar nada nuevo a lo que ya se sabía. Y añade que Wilkins vio la foto de la forma B y pudo ver claramente la forma helicoidal, pero que ella se negaba rotundamente porque *era antihelicoidal*.

Casado (2006), citando a la biógrafa de Rosalind, Anne Sayre (2000) sostiene que las notas manuscritas que deja Rosalind para sus conferencias no dejan lugar a dudas que ella tenía muy claro lo que significaban las imágenes que había obtenido y sabía interpretarlas. Había conseguido fotografiar las claves del retrato de la molécula de ADN y sus medidas. Dicen las anotaciones de Rosalind: «Conclusión. Una gran hélice en muchas de las cadenas, los fosfatos en el exterior, puentes fosfato-fosfato entre las hélices, interrumpidos por moléculas de agua. Hay enlaces disponibles para proteínas» (Casado, 2006).

Watson y Crick demuestran a la comunidad científica que sus especulaciones tienen una base experimental con la investigación de Rosalind, de la que se van a servir de nuevo. En una conversación con el director de la revista científica *Nature* se pacta cómo se dará a conocer el gran descubrimiento de la estructura del ADN con un protocolo de artículos. El 25 de abril de 1953, *Nature* publica tres artículos con los grandes hallazgos de la biología con el único título de «Estructura molecular de los ácidos nucleicos». El primero, es el de Crick y Watson; el segundo es un artículo de Wilkins y el tercero, el de Rosalind, quien ya lo tenía escrito semanas antes de la construcción del modelo, y en esta publicación conjunta parece simplemente que

ratifica con su experimentación las teorías de los primeros.

Rosalind murió en 1958 a los 37 años, seguramente su enfermedad tuvo que ver con el hecho de haber trabajado con rayos X, al igual que le ocurrió a Marie Curie por la manipulación de sustancias radiactivas. A Watson, Crick y Wilkins les otorgaron, en 1962, el Premio Nobel de Fisiología y Medicina por su descubrimiento de la estructura del ADN.

En el momento de la premiación, dice Amguet (2013): “El nombre de Rosalind Franklin no se mencionó ni se reconoció su contribución en dicho avance científico sin precedentes” (Amguet, 2013: 2).

Watson (1968) en su libro *La doble hélice*, se expresa en estos términos:

Maurice [Wilkins] [...] reveló que, se había dedicado a reproducir discretamente parte del trabajo de rayos X hecho por Rosy y Gosling. [...] Rosy tenía pruebas que hablaban de una nueva forma tridimensional del ADN. Aparecía cuando las moléculas de ADN estaban rodeadas por una gran cantidad de agua. Cuando le pregunté qué forma tenía, Maurice fue a [...] coger una copia impresa de la nueva forma, que denominaban estructura B. En cuanto vi la foto quedé boquiabierto [...]. La forma era increíblemente más sencilla que las obtenidas anteriormente (forma A). Además, la cruz negra de imágenes que dominaba la fotografía sólo podía indicar una estructura helicoidal. Con la forma A, el argumento en favor de una hélice nunca estaba claro, y existía bastante ambigüedad sobre cual era el tipo exacto de simetría helicoidal presente. En cambio, con la forma B, bastaba examinar sus fotografías de rayos X para distinguir varios parámetros helicoidales cruciales. [...] El verdadero problema era la ausencia de una hipótesis estructural que les permitiera agrupar las bases de forma regular en el interior de ella. Por supuesto, eso quería decir que se daba por buena la idea de Rosy de que las bases estaban en el centro y el esqueleto en el exterior. Aunque Maurice me dijo que estaba bastante convencido de que ella tenía razón, yo seguía siendo escéptico, [...] (Watson, 2007: 73).

Y más adelante Watson (2007) especifica:

[...] ya no existía el temor de que fuera incompatible con los datos empíricos. Ya lo habíamos comparado con las mediciones exactas de Rosy [Rosalind Franklin]. Por supuesto, ella no nos había proporcionado directamente sus datos. En realidad, en King's [College de Londres] nadie se había dado cuenta de que los teníamos. Los habíamos conseguido gracias a Max [Perutz] [...] (Watson, 2007:78).

A partir de estos fragmentos del libro de Watson, podemos reconocer – además de que Watson y Wilkins conocían el valor de los trabajos de Franklin- tres recursos lingüísticos que utiliza el autor para desviar la atención y ocultar la posible pregunta de cómo había llegado la información que había obtenido Rosalind, a sus manos y a las de Crick. Primero, da a entender que ella tuvo una actitud “mezquina” al no ofrecerles su descubrimiento a ellos (aunque él mismo aclare que “nadie” sabía lo que ellos investigaban). En segundo lugar, se refiere a ella con un diminutivo, “Rosy”, como si hubiera de parte de él hacia ella cierto afecto o familiaridad (que

no existía). Finalmente, el nombre de Rosalind como “Rosy” aparece en medio de comentarios personales y banales, como algo casual, sin gran importancia. De este modo, Watson, tapa intencionalmente la manera cómo había obtenido la imagen 51 que le permitió a él y a Crick formular el modelo correcto de la molécula.

En 1995, Crick publica su libro *ADN: una historia de cooperación* en donde aclara lo siguiente:

En primer y más importante lugar, debo recordar a Rosalind Franklin, cuyas contribuciones no han sido suficientemente reconocidas en estas reuniones del cuarenta aniversario de su descubrimiento. Fue Franklin quien demostró claramente la existencia de dos formas de ADN –la forma A y la B-. Fue Rosalind quien con gran esfuerzo determinó la densidad, las dimensiones celulares exactas y la simetría de la forma A, evidencia que sugirió muy firmemente que la estructura tenía dos cadenas (y no sólo una), que circulaban en direcciones opuestas (Crick cit por Sánchez Ron, 1999: 271).

5. Conclusiones

Se utiliza con frecuencia el ejemplo de Rosalind Franklin a fin de graficar las dificultades y prejuicios que deben afrontar las mujeres científicas para ver reconocido su trabajo. No pudo disfrutar en vida del reconocimiento que ella mereció. Sufrió la “invisibilidad” de otras muchas científicas y quizá no llegó a entrever hasta qué punto su contribución iba a ser importante. Sin embargo, vivió lo suficiente para disfrutar con su trabajo y lograr otros resultados.

Nos interesa puntualizar dos cuestiones: la primera, recordar la *falacia naturalista* de Moore que consiste en confundir lo que *es* con lo que *debe ser*. Los escritos epistemológicos parecen hablar de una comunidad científica ideal en donde los científicos/as trabajan con total normalidad, buscando la verdad y trabajando en equipo. Mientras que al leer casos de historia de la ciencia y sobre todo, de cualquier científica, aparece una realidad personal e institucional muy diferente. Y, en segundo lugar, remarcar la idea de que el “camino a la doble hélice” resultó de la convergencia de distintas líneas de investigación en donde el descubrimiento constituyó el punto culminante.

Por otra parte, en la actualidad la teoría de género pone en el tapete el debate teórico sobre el poder, la identidad y la estructuración de la vida social. Esto equivale a decir que el género no se restringe a una categoría para denotar las relaciones sociales de hombres y mujeres, al contrario, va más allá del análisis empírico y descriptivo de estas relaciones, abarcando también a la ciencia. Nos ofrece elementos para una comprensión sistémica, procesual e histórica de la estructuración de las diferenciaciones y de las jerarquías sociales. Tanto en sus dimensiones simbólico- culturales como normativas e institucionales. En ese momento sus colegas varones, que eran mayoría, se sintieron con el suficiente poder y derecho para discriminar a Rosalind Franklin y silenciar su trabajo y aportes a la ciencia.

A fin de concluir, nos interesa citar al Premio Nobel de Medicina (2000), Eric Kandel:

A veces, las polémicas que comienzan como diferencias científicas adquieren un matiz de

encono personal, [...] Lo único que demuestran esas situaciones es que las cualidades que acompañan la competencia –ambición, orgullo y afán de venganza– son tan innegables entre los científicos como la generosidad y la capacidad de compartir. Hay una razón clara para que así sea. El objetivo de la ciencia es descubrir la verdad, lo que implica prioridad, la capacidad de llegar primero (Kandel, 2000:91).

Bibliografía

- AMIGUET, T. M. (2013) Rosalind Franklin, la descubridora desconocida del ADN en *Hemeroteca* (31/05/2013).
- CASADO, M.J. (2006) *Las damas del laboratorio*. Barcelona: Ed. Debate.
- ECHEVERRÍA, J. (2008) Propuestas para una filosofía de las prácticas científicas.
- EN ESTEBAN, M. Y MARTÍNEZ, S. *Normas y prácticas en la ciencia* (pp. 129-149). México: UNAM.
- GRIBBIN, J. (2005) *Historia de la Ciencia*. 1543-2001. Barcelona: Crítica. Traducción Mercedes García Garmilla.
- HARDING, S. (1996). *Ciencia y feminismo*. Madrid: Ediciones Morata. Compuesto por Ángel Gallardo.
- KANDEL, E. (2007) *En busca de la memoria*. Buenos Aires: Katz. Traducción Elena Marengo.
- KNORR CETINA, K. (2005) *La fabricación del conocimiento*. Bs. As. : U.N de Quilmes. Traducción María Isabel Stratta.
- KUHN, T. (2007) *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica. Traducción de Carlos Solís.
- LATOUR, B. (1992). *Ciencia en acción*. Barcelona: Editorial Labor. Traducción Eduardo Aibar, Roberto Méndez y Estela Ponisio.
- MADDOX, B. (2002) *Rosalind Franklin. The Dark lady of DNA*. New York: Harper Collins Publishers Inc.
- MARTÍNEZ, S. (2005) Ciencia, valores y prácticas científicas. En Erazun, F. y MUDROVICIC, M. I. (comp.). Actas del XII Congreso Nacional de Filosofía. AFRA/ Universidad Nacional del Comahue (pp. 1-9). Nuequén: EDUCO.
- RESCHER, N (1999) *Razón y valores en la Era científico- tecnológica*. Barcelona: Paidós. Traducción Wenceslao J. González y Víctor Rodríguez (cap. 1); Leonardo Rodríguez Duplá (cap. 2); Juan Carlos León (caps. 5 y 6); y Wenceslao J. González (caps. 3, 4, 7, 8 y 9).
- SÁNCHEZ RON, J.M. (1999) *Como el león por sus garras*. Madrid: Editorial Debate.
- SAYRE, A. (2000). *Rosalind Franklin and DNA*. New York: Norton.
- SOLÍS, C. Y SELLÉS, M. (2005) *Historia de la Ciencia*. Madrid. Espasa Calpe.
- WATSON, J. (2007) *La doble hélice*. Madrid: Alianza Editorial (1968). Traducción Ma. Luisa Rodríguez Tapia.

Idealización, decisiones racionales y enunciados condicionales

*Adriana Spehrs **

Presentación

La tentativa de explicar y/o predecir las decisiones de agentes racionales en contextos de riesgo empleando las herramientas de la teoría de la decisión enfrenta dificultades recalcitrantes. En efecto, los supuestos idealizadores asociados a la noción de utilidad esperada –que es central en esta teoría, tanto en su versión evidencial como en la causal– erosionan completamente su adecuación descriptiva. Pero también su corrección normativa ha sido objeto de controversias, ya que ciertos contraejemplos permiten cuestionar la racionalidad de las decisiones que prescribe esta teoría.

En esta comunicación, se analiza la posibilidad de superar en cierta medida ambas dificultades, recurriendo al sistema puramente topológico de lógica proposicional elaborado por Hempel, a fin de prescindir de la consideración de probabilidades condicionales y probabilidades de condicionales subjuntivos.

Criterios de decisión

La teoría de la decisión propone criterios aplicables a situaciones en las cuales un agente debe decir ejecutar una acción de un conjunto de acciones posibles, cuando no puede predecir con certeza cuál será el resultado de su elección, pues cada acción ocasionará uno de varios resultados posibles según cuál sea el estado de la naturaleza que tenga lugar. Si conocemos la distribución de probabilidades de tales estados, enfrentamos un problema de decisión bajo riesgo; pero si no conocemos tal distribución, tomamos la decisión bajo incertidumbre.

El criterio de maximización del valor esperado –una de cuyas primeras enunciaciones debemos a Pascal– prescribe la elección del curso de acción o apuesta asociado al mayor valor esperado. Este último se calcula sumando las ganancias provistas por cada uno de los resultados posibles de esa acción, ponderando cada ganancia por la probabilidad de que ocurra el resultado correspondiente. Un agente racional debería estar dispuesto a apostar un monto de dinero no mayor a ese valor esperado asociado. Por ejemplo, si la probabilidad de que un determinado caballo gane una carrera es de $1/25$ y recibiremos un pago de $250\$$ si apostamos a que ganará y efectivamente gana, el valor esperado de la apuesta es: $250\$ \cdot (1/25) + 0\$ \cdot (24/25) = 10\$$

Ahora bien, la Paradoja de San Petersburgo reveló la insuficiencia del criterio del valor esperado como solución al problema de determinar cuál es el monto que deberíamos estar dispuestos a apostar en un juego de azar. El juego que genera esta paradoja consiste en lanzar una moneda y si el resultado es “cara”, el apostador recibe una suma de $2\$$; pero si resulta

* Universidad de Buenos Aires

“ceca”, se lanza nuevamente la moneda. Entonces, el apostador recibe 4\$ si resulta “cara”, pero en caso contrario se lanza otra vez, etc. Así, si el primer lanzamiento que resulta “cara” es el n -ésimo, el apostador gana 2^n \$. De modo que el monto exigible como apuesta para participar del juego debería ser el valor esperado de que resulte “ceca” en los primeros $n-1$ lanzamientos y “cara” en el n -ésimo. Es decir: $(\frac{1}{2}).2\$ + (\frac{1}{2}).(\frac{1}{2}).22\$ + (\frac{1}{2}).(\frac{1}{2}).(\frac{1}{2}).23\$ + \dots + (\frac{1}{2}).n.2n\$,$ o sea: $1+1+1+\dots+1$. En otras palabras, las ganancias crecen exponencialmente, en tanto que las probabilidades de los resultados decrecen exponencialmente, siendo igual a un peso el monto el valor esperado de cada posible premio. De modo que deberíamos estar dispuestos a apostar un monto desmesuradamente grande de dinero, pues cualquiera sea ese monto, siempre será superado por el valor esperado de la ganancia. Sin embargo, tanto la evidencia empírica como la introspección tornan cuestionable la aceptabilidad de semejante apuesta.

En su tentativa por resolver esta paradoja, D. Bernoulli (1738) sostuvo que las personas asignan un valor subjetivo a cada unidad adicional de dinero que reciben. El autor distingue entre la ganancia monetaria que reportaría una apuesta y la utilidad de esa ganancia o su valor subjetivo. Y reconoce que la utilidad de una determinada ganancia monetaria puede ser distinta para diferentes personas, e incluso para una misma persona en diferentes ocasiones. Así, la utilidad marginal del dinero ganado depende de la cantidad de dinero que ya se dispone, de modo que cada incremento de la ganancia resultará en un incremento de la utilidad, pero un incremento inversamente proporcional al dinero ya conseguido. Es decir, la utilidad marginal del dinero es una función creciente pero que crece a tasa decreciente. En consecuencia, aunque la ganancia monetaria se incremente indefinidamente, no sucede lo mismo con la utilidad que reporta esa ganancia. Bernoulli sostuvo que las personas maximizan la utilidad esperada de la ganancia y no su valor esperado. Tal utilidad esperada –o esperanza moral– se calcula sumando las utilidades asignadas a cada uno de los posibles resultados, ponderadas por las respectivas probabilidades de obtener esos resultados.

La teoría de la utilidad esperada

Posteriormente, von Neumann y Morgenstern (1944) formularon la teoría de la utilidad esperada -TUE- definiendo una función de utilidad esperada con respecto a loterías –o conjuntos de posibles resultados cuya distribución de probabilidades de ocurrencia es conocida– y no, como Bernoulli, con respecto a la ganancia monetaria que reporta una apuesta. La TUE permite caracterizar con mayor precisión diferentes actitudes de las personas con respecto al riesgo: no sólo la aversión, sino también la neutralidad y la afición a éste. Así, el empleo de la noción de utilidad esperada en lugar de la de valor esperado, parecía contribuir con el propósito de formular una teoría descriptivamente adecuada de la conducta racional.

von Neumann y Morgenstern elaboraron una noción cardinal de utilidad, sobre la base de una teoría axiomática que impone restricciones a las elecciones de un agente racional. Es decir que, si las preferencias de un individuo satisfacen ciertos axiomas, esas preferencias pueden ser representadas por la esperanza matemática de una función de utilidad. Según estos autores, los axiomas de

completitud y transitividad de la relación de preferencia débil –que caracterizan las preferencias de agentes racionales-, junto con los de continuidad, independencia y monotonía constituyen una condición necesaria y suficiente para la existencia de una función de utilidad cardinal.¹

El axioma de completitud establece que dos alternativas X e Y cualquiera son siempre comparables entre sí. Según el axioma de transitividad de la preferencia débil, si una alternativa X es débilmente preferida a otra Y, e Y es débilmente preferida a Z, entonces X es débilmente preferida a Z. Por su parte, el axioma de continuidad exige que pequeños cambios en las probabilidades no generen cambios en el orden de preferencias. El axioma de independencia postula que si X es estrictamente preferida a Y, entonces la combinación $pX + (1-p)Z$ es estrictamente preferida a $pY + (1-p)Z$, para cualquier lotería Z y cualquier valor de probabilidad $p \in (0,1)$. Finalmente, el axioma de monotonía estipula que el individuo nunca alcanza un estado de saciedad, es decir, siempre prefiere combinaciones que tienen una cantidad mayor de al menos uno de los bienes.

Una función $U(x,y)$ que asigna un número real a cada combinación de bienes (x,y) es una función de utilidad que representa un orden de preferencia si (i) a todas las combinaciones entre las que el individuo está indiferente les corresponde el mismo número y (ii) a las combinaciones que se prefieren les corresponden números más altos. La función de utilidad es ordinal, ya que las magnitudes numéricas de los niveles de utilidad no tienen ningún significado intrínseco, pues hay muchas formas de asignar números a las combinaciones de bienes que sean consistentes con las condiciones (i) y (ii). Es decir, la función de utilidad no es única: si ciertas preferencias pueden representarse mediante una función de utilidad U, también podrán ser representadas por transformaciones de U que preserven el orden –transformaciones monótonas de U.

No obstante, los cinco axiomas ya mencionados se consideran condiciones necesarias y suficientes para la existencia de una función de utilidad numérica que tenga las siguientes propiedades:

1. Propiedad ordinal: X es una lotería o resultado al menos tan preferida como otro Y si y sólo si el agente asigna a X un valor de utilidad mayor o igual que el que asigna a Y.

2. Propiedad cardinal: La utilidad esperada de la combinación probabilística de las loterías o resultados alternativos X e Y es igual a al promedio ponderado de las utilidades de esas loterías.

En efecto, von Neumann y Morgenstern probaron que si las preferencias satisfacen los cinco axiomas anteriores, entonces hay una función U que adopta valores reales y es invariante bajo transformaciones lineales, de modo tal que una lotería X es estrictamente preferida a otra Y si y sólo si $\sum_{x \in X} [p(x)U(x)] > \sum_{y \in Y} [p(y)U(y)]$. Así, el agente que efectúa una decisión racional es representado como aquel que maximiza su utilidad esperada. Y ésta es el promedio de las utilidades que los posibles resultados le reportan al agente, ponderadas por la probabilidad de obtener tales resultados al adoptar cada uno de los cursos de acción disponibles.

Sin embargo, ciertas dificultades semánticas y metodológicas que plantea la TUE impiden considerarla como descriptivamente adecuada. En efecto, sólo parece posible atribuir carácter

empírico a los axiomas de completitud y de transitividad, pues ambos fueron disconfirmados en varias oportunidades. Pero la sola adopción de estos dos axiomas no sustenta la hipótesis de la existencia de una función de utilidad cardinal sino, a lo sumo, de una meramente ordinal. Por eso, K. Berka ha cuestionado la fundamentación de la hipótesis de la existencia de una función de utilidad numérica, poniendo en duda que tenga correlato empírico alguno.

Causalidad y probabilidad

Una dificultad adicional se plantea con la función de probabilidad empleada como ponderadora de la utilidad que se atribuye a los resultados asociados a los cursos de acción disponibles. La teoría evidencial de la decisión –TED- emplea una función de probabilidad condicional: la probabilidad de que acontezca determinado resultado B, dado que el agente ejecutó cierta acción A. En cambio, la teoría causal de la decisión -TCD- promueve el empleo de la probabilidad de que sea verdadero el enunciado condicional subjuntivo “si el agente ejecutara la acción A, obtendría el resultado B”.²

Gibbar y Harper (1981) cuestionaron la TED proponiendo como ejemplo el caso del rey David, que deliberaba sobre su deseo de conocer a Betsabé y así transgredir la ley, temiendo que eso genere una revuelta popular en su contra. Supongamos que David cree que los reyes son carismáticos -o no- por razones genéticas y/o vinculadas a sus experiencias infantiles, no modificándose posteriormente este atributo por sus conductas adultas. También cree que las revueltas exitosas se producen generalmente contra los reyes no carismáticos, mientras que la transgresión de las leyes no causa revueltas populares, aunque los líderes carismáticos tienden a no transgredirlas, contrariamente a lo que sucede con los no carismáticos. Así, la falta de carisma sería la causa común –aunque no determinística- de las transgresiones y las revueltas. Pero David no sabe si es o no carismático. Entonces, la TED lo conduciría a la decisión de no transgredir la ley, dado que tales transgresiones tienen una elevada correlación estadística con la ocurrencia de revueltas populares. En cambio, la TCD persuadiría a David de que satisfaga su deseo y transgreda la ley, pues esa transgresión no será la causa de una revuelta popular en su contra.

La discrepancia entre ambas propuestas se origina en la tentativa de la TCD de dar cuenta del vínculo causal entre los cursos de acción disponibles y sus resultados, en lugar de considerar –como la TED- la mera correlación estadística entre ambos. Así, la TCD parece aspirar a una mayor adecuación empírica, al reconocer que no toda correlación estadística refleja una conexión causal. Sin embargo, no es claro cómo podría determinarse la probabilidad del condicional subjuntivo que reflejaría la probabilidad de tal relación causal.

Por otra parte, el ejemplo de Gibard y Harper podría modificarse de modo tal que la decisión irracional sea la promovida por la TCD y no la sugerida por la TED, imitando un ejemplo propuesto por A. Eagan (2007). En efecto, supongamos que el rey David cree que no ser carismático tiende a causar que los reyes transgredan la ley y tiende a causar que esos reyes suelen sufrir revueltas populares en caso de que transgredan la ley. Así estas transgresiones son condición necesaria para que ocurran las revueltas si los reyes no son carismáticos. Entonces,

la TED conduciría a David a la decisión correcta –no transgredir la ley, ya que eso es evidencia de su falta de carisma, que lo tornará susceptible a las revueltas populares. En cambio, la TCD persuadiría a David para que transgreda ley, puesto que su transgresión no será la causa de la revuelta en caso de que no sea carismático.

Probabilidad vs. lógica topológica

Por otra parte, parece insuperable el problema de la determinación de las distribuciones de probabilidad que deberían emplearse para calcular la probabilidad condicional en la TED o la probabilidad del condicional subjuntivo en la TCD, si se adopte una interpretación objetiva de la probabilidad. Pero la adopción de una interpretación subjetiva, con el supuesto de que los agentes asignan un valor preciso de probabilidad, tampoco parece dar cuenta de la práctica decisoria efectiva. De modo que no podría justificarse la atribución de un estatus descriptivo a la teoría de la decisión.

En este punto, consideramos que es posible eludir esta dificultad recurriendo al sistema topológico de lógica proposicional elaborado por Hempel (1937), a fin de prescindir de la consideración de probabilidades condicionales y probabilidades de enunciados condicionales utilizadas en la TED y la TCA, respectivamente. Los desarrollos de Hempel se fundan en un orden serial en el que los enunciados menos verosímiles preceden a los más verosímiles, mientras que los igualmente verosímiles se ubican en la misma posición. Este cálculo surge de una generalización del método de tablas de verdad empleado en los sistemas polivalentes de Lukasiewicz, que generalizó el principio aristotélico de bivalencia, introduciendo n valores veritativos diferentes: $0, 1/(n-1), 2/(n-1), \dots, (n-2)/(n-1), 1$, en términos de los cuales elaboró las tablas de verdad de la negación y de la implicación:

La matriz n -valente de la negación se puede expresar mediante la fórmula:

$\text{Tr}(\neg x) = 1 - \text{Tr}(x)$, donde “ x ” es una variable metalingüística cuyos valores son fórmulas atómicas o moleculares del lenguaje de enunciados y “ Tr ” designa al funtor que indica el valor veritativo de la expresión designada por su argumento. La matriz del condicional es:

$\text{Tr}(x \rightarrow y) =$	$1, \text{ si } \text{Tr}(x) \leq \text{Tr}(y)$
	$1 - \text{Tr}(x) + \text{Tr}(y), \text{ si } \text{Tr}(x) > \text{Tr}(y)$

La conjunción, la disyunción y la equivalencia se definen mediante la negación y la implicación, del siguiente modo:

$\text{Tr}(x \vee y) =$	$\text{Tr}(y), \text{ si } \text{Tr}(x) \leq \text{Tr}(y)$
	$\text{Tr}(x), \text{ si } \text{Tr}(x) > \text{Tr}(y)$

El valor de verdad de una disyunción es el del disyunto de mayor valor

$\text{Tr}(x \wedge y) =$	$\text{Tr}(x), \text{ si } \text{Tr}(x) \leq \text{Tr}(y)$
	$\text{Tr}(y), \text{ si } \text{Tr}(x) > \text{Tr}(y)$

El valor de verdad de una conjunción es el del conyunto de menor valor

$\text{Tr}(x \leftrightarrow y) =$	$1 - \text{Tr}(y) + \text{Tr}(x)$, si $\text{Tr}(x) \leq \text{Tr}(y)$
	$1 - \text{Tr}(x) + \text{Tr}(y)$, si $\text{Tr}(x) > \text{Tr}(y)$

Así, Hempel elaboró un cálculo de enunciados basado en un orden serial puramente topológico, sin introducir valores de verdad numéricos. Dado el conjunto B de enunciados, se los ordena mediante las relaciones “es menos verosímil que” o “precede en el orden veritativo a” -designada por el símbolo “<”- y “es tan verosímil como” o “está en la misma posición en el orden veritativo que” -designada por “=”-. Esta última relación es simétrica y transitiva, mientras que la primera es irreflexiva y transitiva. El orden determinado por ambas relaciones es conexo, pues dados dos enunciados cualquiera x e y, o bien $x < y$, o bien $y < x$, o bien $x = y$.

Hempel no agrega otros supuestos sobre la estructura del orden serial, tales como el de existencia de un primer o un último elemento. Consecuentemente, este sistema no permite expresar la posición de un enunciado en el orden serial, sino la posición relativa que tienen dos enunciados de un par ordenado. Por eso, las matrices contienen información sobre las posiciones relativas de los enunciados de un par ordenados. Así, la matriz de la negación es:

(x, y)	$(\neg x, \neg y)$
<	>
=	=
>	<

Esta tabla expresa que si x precede, está en la misma posición o sucede a y, entonces $\neg x$ sucede, está en la misma posición o precede a $\neg y$, respectivamente.

La matriz del condicional indica cuál es la posición del condicional $(x1 \rightarrow y1)$ con respecto al condicional $(x2 \rightarrow y2)$, que depende de las posiciones relativas en el orden serial de los enunciados $x1, y1, x2$ e $y2$. Lo mismo sucede con las demás conectivas binarias. Así, las matrices correspondientes tienen tantas filas como posiciones diferentes pueda adoptar $(x1, y1)$ con respecto a $(x2, y2)$, que es igual al de las diferentes posiciones en el orden veritativo que pueden adoptar los enunciados $x1, y1, x2$ e $y2$, que pueden caracterizarse por las posiciones relativas que pueden adoptar los enunciados de los seis pares $(x1, y1), (x2, y2), (x1, x2), (y1, y2), (x1, y2)$ y $(x2, y1)$.³ Un análisis combinatorio que tome en consideración de este orden serial revela que sólo 75 de las 3^8 combinaciones posibles son configuraciones que pueden adoptar los 4 enunciados en el orden serial. En suma, cada matriz tendrá 75 filas y 6 columnas de argumentos correspondientes cada par $(x1, y1), (x2, y2), (x1, x2), (y1, y2), (x1, y2)$ y $(x2, y1)$, mas la columna correspondiente al par cuyos miembros tiene una conectiva binaria. Así, en el caso de la matriz del condicional, tendremos 7 columnas y 75 filas. Las primeras filas son⁴.

	(x1, y1)	(x2,y2)	(x1, x2)	(y1,y2)	(x1, y2)	(x2, y1)	(x1→y1, x2→y2)
1	<	<	<	<	<	<	=
2	<	<	<	<	<	=	=
3	<	<	<	<	<	>	=

Hempel propone un sistema de reglas de inferencia, de modo que cada línea de cada una de las matrices -la de negación, la disyunción, la conjunción, el condicional y el bicondicional- se interpretan como una de las reglas de transformación de fórmulas de un sistema formal T, aunque estas se pueden reducir a un conjunto más pequeño de postulados.⁵

En el caso de la negación, los postulados son dos:

CO($\neg x_2 < \neg x_1$, $\{x_1 < x_2\}$)

o sea: $\neg x_2 < \neg x_1$ es consecuencia del conjunto de fórmulas $\{x_1 < x_2\}$

CO($\neg x_2 = \neg x_1$, $\{x_1 = x_2\}$)

o sea: $\neg x_2 = \neg x_1$ es consecuencia del conjunto de fórmulas $\{x_1 = x_2\}$

Para el condicional, se requieren 12 postulados que permiten deducir 69 teoremas correspondientes a las filas de la matriz que no quedan indeterminadas:

1) co($x_1 \rightarrow y_1 = x_2 \rightarrow y_2$, $\{x_1 < y_1, x_2 < y_2\}$)

2) co($x_1 \rightarrow y_1 = x_2 \rightarrow y_2$, $\{x_1 < y_1, x_2 = y_2\}$)

3) co($x_1 \rightarrow y_1 = x_2 \rightarrow y_2$, $\{x_1 = y_1, x_2 = y_2\}$)

4) co($x_2 \rightarrow y_2 < x_1 \rightarrow y_1$, $\{x_1 < y_1, y_2 < x_2\}$)

5) co($x_2 \rightarrow y_2 < x_1 \rightarrow y_1$, $\{x_1 = y_1, y_2 < x_2\}$)

6) co($x_1 \rightarrow y_1 = x_2 \rightarrow y_2$, $\{y_1 < x_1, y_2 < x_2, x_1 = x_2, y_1 = y_2\}$)

7) co($x_1 \rightarrow y_1 < x_2 \rightarrow y_2$, $\{y_1 < x_1, y_2 < x_2, x_1 = x_2, y_1 < y_2\}$)

8) co($x_2 \rightarrow y_2 < x_1 \rightarrow y_1$, $\{y_1 < x_1, y_2 < x_2, x_1 = x_2, y_2 < y_1\}$)

9) co($x_2 \rightarrow y_2 < x_1 \rightarrow y_1$, $\{y_1 < x_1, y_2 < x_2, x_1 < x_2, y_1 = y_2\}$)

10) co($x_2 \rightarrow y_2 < x_1 \rightarrow y_1$, $\{y_1 < x_1, y_2 < x_2, x_1 < x_2, y_2 < y_1\}$)

11) co($x_1 \rightarrow y_1 < x_2 \rightarrow y_2$, $\{y_1 < x_1, y_2 < x_2, x_2 < x_1, y_1 = y_2\}$)

12) co($x_1 \rightarrow y_1 < x_2 \rightarrow y_2$, $\{y_1 < x_1, y_2 < x_2, x_2 < x_1, y_1 < y_2\}$)

Nos concentraremos en la determinación de las posiciones relativas de pares de enunciados del tipo $(x_1 \rightarrow y_1, x_2 \rightarrow y_2)$, donde y_j es el enunciado que expresa resultado que el agente asocia a la ejecución de su acción descrita con x_j . Y consideraremos tanto el caso en el cual la ausencia de carisma es una causa común -aunque no determinística- de la transgresión y de las revueltas -que es un contraejemplo de la TED-, como el caso donde la ausencia de carisma tiende a causar revueltas sólo cuando los reyes transgreden las leyes -que es un contraejemplo de la TCD.

Emplearemos "T" para representar el enunciado "David transgrede la ley" y "R" para

el enunciado “se produce una revuelta contra David”. Entonces, en el primer caso, y bajo el supuesto de que David no es carismático, el orden de los condicionales será: $T \rightarrow R = \neg T \rightarrow R$, de acuerdo con el sexto postulado. Pues el agente asigna igual verosimilitud a sus acciones expresadas en los antecedentes aunque supongamos que no es carismático. De lo contrario, no podríamos atribuirle libre albedrío. Además, como los consecuentes expresan el mismo resultado bajo el mismo supuesto de ausencia de carisma, son igualmente verosímiles. Y cualquiera de los dos antecedentes son más verosímiles para el agente que sus consecuentes, pues es él quien decide ejecutar las acciones mencionadas en los antecedentes, aunque no las mencionadas en los consecuentes. Así que resulta razonable que asigne mayor verosimilitud a las acciones que dependen de sus propias decisiones que a las que dependen de decisiones ajenas.

Como estos condicionales ocupan la misma posición en el orden veritativo, David no parece tener buenas razones para abstenerse de transgredir la ley y cumplir sus deseos, dado que no hacerlo no torna menor verosímil la posibilidad de una revuelta. Así, la aplicación de la lógica topológica de Hempel nos permite llegar al mismo resultado que la TCD en este ejemplo, que es un contraejemplo de la adecuación normativa de la TED.

En cambio, en el segundo caso y bajo el supuesto de que David no es carismático, el orden de los condicionales será: $T \rightarrow R > \neg T \rightarrow R$, de acuerdo con el séptimo postulado. Pues el consecuente del segundo condicional es menos verosímil que el consecuente del primero, ya que si no ha transgredido la ley, no se dado la condición necesaria para que un rey no carismático sufra una revuelta. Además, como en el caso anterior, se atribuye la misma verosimilitud a los dos antecedentes, y mayor verosimilitud a cada antecedente que a su respectivo consecuente.

Este resultado debería conducir a David a no transgredir la ley, pues absteniéndose de hacerlo no tendrá lugar la condición necesaria para que se produzca una revuelta aunque no sea carismático. Así, la aplicación de la lógica topológica de Hempel nos permite llegar al mismo resultado que la TED en este ejemplo, que es un contraejemplo de la adecuación normativa de la TCD.

Consideraciones finales

En este trabajo, argumentamos en defensa de la posibilidad de eludir algunas de las dificultades que plantea la teoría de la decisión, empleando el sistema topológico de lógica proposicional elaborado por Hempel. Esta propuesta permite prescindir de la consideración de probabilidades condicionales y probabilidades de enunciados condicionales utilizadas en la TED y la TCA, respectivamente. Y, de ese modo, elude los problemas que suscita la determinación de las distribuciones de probabilidad adecuadas en cada caso.

Asimismo, esta propuesta torna innecesaria la atribución de valores precisos de probabilidad, que atentan contra la adecuación descriptiva de la TUE. No obstante, esta propuesta elimina toda posibilidad de derivar resultados cuantitativos, dado que no se emplean aquí una función cardinal de utilidad ni funciones probabilísticas como ponderadores. Sin embargo, no creemos

que sea incompatible con la atribución de carácter empírico a una variante puramente ordinal de la TUE, en la cual las preferencias sólo tengan que cumplir los axiomas de transitividad y completitud. De este modo, consideramos que es posible articular la presente propuesta con este enfoque puramente ordinal, aunque tenemos que dejar para un próximo trabajo la exposición de cómo efectuar concretamente tal articulación.

Finalmente, debe destacarse que nuestra propuesta permite tratar los ejemplos esgrimidos contra la TCE y contra la TED, de un modo tal que no compromete su adecuación normativa.

Notas

1. Algunos autores destacan que la EUT se sustenta además en otros supuestos discutibles, como el de que los individuos pueden conocer por introspección cuáles son sus preferencias, las cuales se suponen siempre bien definidas, estables en el tiempo –o al menos no sistemáticamente variables en función del tiempo que transcurrirá hasta la obtención del resultado de la elección–, invariantes ante el cambio en la descripción de las opciones a elegir, independientes del estado emocional en el que está el agente en el momento de elegir, y mutuamente consistentes.
2. Lewis D. (1976) probó que la probabilidad condicional $p(B/A)$ no puede identificarse con la probabilidad del condicional $p(A \rightarrow B)$. Aunque es suficiente que se acepten el principio de tercero excluido condicional y la independencia estadística de la acción A y el condicional $(A \rightarrow B)$ para que la probabilidad de éste sea igual a la probabilidad condicional $p(B/A)$. Así, la discrepancia entre ambas teorías resulta evidente en los casos en que son independientes la acción y el condicional correspondiente.
3. O sea, toda configuración en el orden serial de los cuatro enunciados determina una cierta distribución de posiciones en cada uno de los seis pares. Pero la recíproca no es cierta: por las propiedades de las relaciones que establecen el orden veritativo, algunas distribuciones de posiciones son imposibles, p.e $(x1 < y1)$, $(x2 < y2)$, $(x1 < x2)$, $(y1 < y2)$, $(x1 = y2)$ y $(x2 > y1)$ es imposible.
4. La tabla completa evidencia que hay seis casos indeterminados para el condicional y veinticuatro para el bicondicional.
5. No es posible evaluar por este método de matrices que fórmulas de esta lógica topológica son tautológicas. El sistema T es consistente pero incompleto.

Bibliografía

- EGAN, A. (2007), "Some counterexamples to causal decision theory", *The Philosophical Review*, 116(1): 93–114
- GIBBAR, A. Y HARPER, W.L., (1981), "Counterfactuals and two kinds of expected utility", en *Ifs: Conditionals, Beliefs, Decision, Chance, and Time*: 153–190
- HEMPEL, C. G., (1937) "A Purely Topological Form of Non-Aristotelian Logic", *The Journal of Symbolic*, 2 (3): 97-112.
- LEWIS, D. (1976), "Probabilities of conditionals and conditional probabilities", *The Philosophical Review*, Duke University Press, 85(3): 297–315

PASCAL B.(1670) *Pensées*, P. Sellier (ed.), Paris: Bords, 1991.

VON NEUMANN & MORGENSTERN (1944) *Theory of Games and Economic Behavior*,
Princeton: Princeton University Press. (1947)

Autonomía epistemológica y ontológica de la química y las nuevas representaciones de la tabla periódica

*Gabriela Tudela, Alicia Mayoral, Rodolfo Vergne**

Introducción

Los estudios actuales sobre la enseñanza de la ciencia, destacan la importancia innegable de la historia y la filosofía de la misma. Con más razón se destaca que contenidos científicos específicos deben abordarse pedagógicamente con una perspectiva metacientífica también específica. Contribuye a la mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia en sus concreciones históricas y teóricas, la ubicación de cada contenido en relación con la ciencia al que pertenece y sus relaciones interteóricas e interdisciplinares con otras ciencias.

Con respecto a la química, una de las discusiones en la reciente filosofía de la química, es con respecto a la relación de ésta ciencia con otras disciplinas, especialmente referido al problema de la reducción o autonomía de la física. Éste planteo permite considerar a uno de los tópicos principales de la química: la Tabla Periódica de los Elementos. Es un contenido primordial para explicar y comprender los fenómenos químicos. Centenares de representaciones y propuestas alternativas de organización, muestra una gran complejidad y riqueza. Un abordaje histórico y filosófico, ontológico y epistemológico, permite discernir entre los ámbitos físicos y químicos con mayor claridad.

La tabla periódica se ha desarrollado gracias a la teoría atómica, la física cuántica, la teoría de la relatividad y la química sintética. El planteo de autonomía de la química por parte de varios filósofos y químicos actuales, ha permitido encontrar otros criterios de organización y ordenamiento de los elementos, que han resultado en otras propuestas de modelo y representación que permitan integrar criterios físicos, químicos y filosóficos.

En el presente trabajo, se analizará la autonomía de la química a partir de una visión histórica, de algunas de las representaciones de la tabla periódica, considerando ventajas y desventajas en su enseñanza.

Enseñanza de la ciencia y su dimensión histórica y filosófica

Diversos estudios sobre la enseñanza de las ciencias, han destacado la importancia de la historia y la filosofía de la ciencia (Camacho, Gallego y Pérez, 2007). El conocimiento de las dinámicas científicas, su contexto social, político, económico y sus controversias permiten comprender cómo se construyen, resignifican y comunican los modelos científicos, además de presentar a la ciencia como una actividad que es mutable y cambiante y que, en consecuencia, el conocimiento científico actual es susceptible de ser evaluado y transformado. No obstante,

* Universidad Nacional de Cuyo

al reconocer la importancia del componente histórico en la enseñanza de las ciencias, varios estudios (Brito, Rodríguez y Niaz, 2005; Camacho y Pérez, 2005; Castro, 2003; Cuellas, Pérez y Quintanilla, 2005; Muñoz, y Bertomeau, 2003; Quintanilla, Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2005) coinciden en concluir que éste es un aspecto que no se considera durante los procesos de educación científica, es decir, que se transmite una imagen descontextualizada y no histórica de las ciencias (Camacho, Gallego y Pérez, 2005).

Dentro de ésta perspectiva de la enseñanza de la ciencia en general, también se abordaron las problemáticas de las enseñanzas de las ciencias en particular. A pesar que la química en cierto sentido es una ciencia central y de mayor importancia, y que hay una gran producción académica sobre su historia, hay pocos químicos y filósofos que se han dedicado a la filosofía de la química (Contreras, 2011).

La tabla periódica en la filosofía de la química

La filosofía de la química emerge desde la filosofía de la ciencia, para hacer una abstracción filosófica sobre la química como ciencia fáctica, partiendo del estudio de sus bases fundamentales, métodos, lenguajes y aspectos éticos, generando un espacio propicio para la reflexión y el diálogo interdisciplinario, de modo que se puede comprender cada vez mejor cual será la influencia de la química y su impacto en la sociedad (Contreras, 2012).

Una de las aplicaciones de ésta filosofía contempla la necesidad de abordar la enseñanza de la química con nuevos enfoques, que le permitan al estudiante visualizar con seguridad cuales son las bases fundamentales sobre las cuales se construye ese conocimiento, lo cual le permitirá aprovechar mejor el proceso de enseñanza/aprendizaje (Cuellar, Quintanilla y Marzábal, 2010).

La tabla periódica constituye una de las bases fundamentales de la matriz de la disciplina del paradigma de la Química. Es un ícono cultural que captura la esencia de la materia y sus cambios. Proporciona una forma concisa de entender cómo reaccionan entre sí todos los elementos conocidos y se enlazan químicamente, y ayuda a explicar las propiedades de cada elemento que lo hacen reaccionar de tal manera (Scerri, 2008) es decir, es un contenido primordial para la comprensión y aprendizaje de los fenómenos químicos.

Pero el hecho que desde sus primeras elaboraciones hasta el día de hoy existan más de setecientas representaciones, y que hay propuestas alternativas de organización, indica que aún hay problemas que discutir. El desarrollo de la teoría atómica y de la física cuántica ha permitido organizar los elementos estableciendo una ley de periodicidad de sus propiedades y comportamiento. (Camacho, 2005) profundizado en (Camacho; Quintanilla, Cuéllar, Gallego y Pérez, 2006; Camacho, Gallego, Pérez, 2007; Camacho, Quintanilla, Cuéllar y García, 2008; Cuéllar, 2010).

Evolución de la Tabla Periódica

El químico ruso Dimitri Ivánovich Mendeleiév (1834-1907) aportó de manera significativa a la sistematización de elementos químicos a través de la Ley Periódica que formuló en 1889.

La tabla periódica de los elementos surge como una urgencia pedagógica y de la necesidad de no presentar la química mediante una lista indeterminable de monografías detalladas de cada uno de los elementos químicos y, de la preocupación de ¿Cómo enseñar química de la manera más clara, lógica y comprensible y no limitarse a una transmisión de información acumulada sin orden? (Camacho y Gallego, 2005); Mendeleiév deseaba constituir un principio explicativo que diera cuenta del orden de los elementos de acuerdo con el peso atómico y la valencia, una ley científica a la que se sometían todos los elementos, que pudiese ser contrastada con la realidad conocida e incluso con la desconocida.

El padre de la tabla periódica, hacía énfasis, precisamente, en la naturaleza dual del concepto de elemento. A los elementos concebidos en un sentido metafísico los denominaba *elementos abstractos* o *reales*, los cuales tenían, a su juicio, un estatus más fundamental que los elementos concebidos como *sustancias simples*. De acuerdo a este autor, los elementos como *sustancias abstractas* carecen de propiedades y representan la forma que los elementos toman cuando se presentan en compuestos. Mendeleiév sostuvo que los elementos reales tienen un único atributo, su peso atómico (hoy masa atómica), que se conserva cuando los elementos se combinan. Asimismo, puso énfasis en señalar que su clasificación periódica tenía que ver con los elementos concebidos como sustancias abstractas y no con los elementos concebidos como sustancias (Labarca y Zambón, 2012) simples.

Recientemente se ha sugerido que esta visión más filosófica de los elementos es lo que hizo que Mendeleiév tuviera una perspectiva más abarcadora, ya que sus competidores registraron su atención a los elementos conceptualizados como sustancias simples (Scerri, 2007). También parece proporcionar un medio para comprender cómo Mendeleiév fue capaz de cuestionar los valores de los pesos atómicos de muchos elementos y la manera en la cual han sido acomodados varios elementos dentro del sistema periódico. Esto puede lograrse al ignorar, hasta cierto punto, las más obvias y más superficiales propiedades de los elementos como sustancias simples.

En total, Mendeleiév predijo 18 elementos, de los cuales sólo 9 fueron subsecuentemente aislados. Aunque se piensa que la aceptación de la tabla periódica por parte de la comunidad científica de la época de Mendeleiév, no se basó en las predicciones exitosas de los elementos.

El descubrimiento de los isótopos, en los comienzos de física atómica, fue otro paso clave para la comprensión de la tabla periódica. Fue Frederik Soddy (1913) quien acuñó el término “isótopo” para significar dos o más átomos del mismo elemento, químicamente inseparables, pero con diferente peso atómico. La gran cantidad de isótopos de muchos elementos descubiertos provocó la llamada “crisis de los isótopos”: entendidos los elementos como sustancias simples que pueden aislarse, lo cual condujo a varios químicos a proclamar la desaparición de la tabla periódica como tal y su reemplazo por la tabla de los isótopos.

Pero Paneth sostuvo que la tabla periódica podía retenerse. Considerando que las propiedades químicas de los isótopos del mismo elemento son indistinguibles, con excepción del hidrógeno, el descubrimiento de nuevos isótopos representaba nuevos elementos como sustancias simples, lo que justificaba dicha hipótesis. Su argumento filosófico estaba basado

en retomar la naturaleza dual del concepto de elemento de Mendeleiév. De este modo, Paneth argumentaba que el descubrimiento de nuevos isótopos representaba el descubrimiento de elementos como sustancias simples, mientras que el sistema periódico de Mendeleiév estaba basado en los elementos como sustancias básicas. Esta distinción filosófica ejerció un papel crucial para la supervivencia de la tabla periódica como tal. Sobre la base de los trabajos de Paneth, la IUPAC modificó en 1923 la propiedad esencial del elemento del peso atómico al número atómico (Scerri, 2007).

H																	He																												
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne																												
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																												
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																												
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																												
Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																												
Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg																																			
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tbody> <tr> <td>La</td> <td>Ce</td> <td>Pr</td> <td>Nd</td> <td>Pm</td> <td>Sm</td> <td>Eu</td> <td>Gd</td> <td>Tb</td> <td>Dy</td> <td>Ho</td> <td>Er</td> <td>Tm</td> <td>Yb</td> </tr> <tr> <td>Ac</td> <td>Th</td> <td>Pa</td> <td>U</td> <td>Np</td> <td>Pu</td> <td>Am</td> <td>Cm</td> <td>Bk</td> <td>Cf</td> <td>Es</td> <td>Fm</td> <td>Md</td> <td>No</td> </tr> </tbody> </table>																		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb																																
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No																																

Figura 1. Tabla convencional, de longitud media o de 18 columnas. El hidrógeno en el grupo 1 (metales alcalinos) y helio en el grupo 18 (gases nobles). Muestra los elementos en filas ordenadas según se incrementa el número atómico, o el número de protones en el núcleo de un átomo de cada elemento. Cada fila forma un periodo, cuya longitud es variable. Cada columna representa un grupo en el que los elementos tienen propiedades químicas similares, relacionado con el número de electrones en la capa exterior de sus átomos o de valencia. Los lantánidos y los actínidos en las dos filas separadas inferiores, son extraídos después de los elementos bario (Ba) y radio (Ra), con el propósito de compactación.

La tabla periódica se construye con el objetivo de satisfacer la necesidad de predecir las propiedades de los elementos y así dar respuestas a las inquietudes que esto genera. Es una representación teórica de la realidad que facilita su estudio, explicando los fenómenos del mundo por referencias a entidades y procesos inventados que guardan una relación interactiva con la realidad (Adúriz-Bravo, 2013).

En la actualidad, la reciente filosofía de la química ha planteado una autonomía de la química con respecto a la física. El planteo de una autonomía ontológica y epistemológica de los fenómenos químicos, desafía la comprensión de la tabla periódica desde teorizaciones puramente químicas (Linares López Lage, 2004). Gracias a ello, se está trabajando en la reformulación de la organización de los elementos químicos siguiendo criterios químicos, no solo físicos.

En 1817 Döbereiner informaba que algunos elementos, que podían agruparse en grupos de tres, presentaban semejanzas químicas y una particular relación aritmética: el peso atómico (o peso equivalente) del segundo elemento en una triada dada, era casi exactamente el promedio de los otros dos elementos.

Curiosamente, Mendeleiév, a diferencia de Döbereiner, empleó predictivamente las triadas (aunque en dos dimensiones: horizontales y verticales) para determinar el peso atómico de ciertos elementos y corregirlos. Ya en el siglo XX, desplaza dicha propiedad como criterio unívoco para ordenar el sistema periódico, el número atómico se convirtió en la propiedad fundamental que permite caracterizar adecuadamente los elementos. Y la noción de triada – ahora del número atómico, es decir, exacta- ha sido sugerida como posible criterio categórico para representar la periodicidad química (Scerri, 2011c), si bien no hay consenso aún respecto de su estatus epistemológico.

La tabla periódica convencional se encuentra ordenada en periodos y grupos siendo la distribución de electrones alrededor del núcleo el criterio que determina el lugar de cada elemento. A partir de una nueva representación del sistema periódico basada en las triadas de número atómico y la concepción de los elementos químicos como sustancias básicas Zambón (2013), en lugar de cómo sustancia simple, reconstruye las relaciones entre los elementos sin apelar a las configuraciones electrónicas.

Zambón (2013) propone la construcción de una tabla periódica utilizando como criterio principal el número atómico creciente y como criterio secundario la formación de triadas de número atómico. En esta representación todos los elementos químicos forman al menos una triada con sentido químico, a diferencia de la tabla periódica convencional donde los primeros elementos de los grupos A y B no forman ninguna triada.

Para la construcción de esta tabla periódica se postula un hipotético elemento de número atómico cero, identificado con el neutrón y los hipotéticos elementos aun no descubiertos, desde el 119 hasta el 147, formando al menos una triada (Zambón, 2013).

- BRITO, RODRÍGUEZ Y NIAZ, (2005) A reconstruction of development of the periodic table based on history and philosophy of science and its implications for general chemistry textbooks. [Versión electrónica] *Journal of research in science teaching* 42(1), 84-111.
- CAMACHO, GALLEGU (2005) *Ley periódica. Una reflexión didáctica desde la historia de las ciencias.* V Encontro Nacional De Pesquisa Em Educação Em Ciências. Associação Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências.
- CAMACHO, GALLEGU, PÉREZ, (2007) *La ley periódica. Un análisis histórico epistemológico y didáctico de algunos textos de enseñanza.* *Educación Química*, n. 18, v. 4, p. 278-288.
- CAMACHO, QUINTANILLA, CUÉLLAR Y GARCÍA, (2008) *Aplicación Del Modelo De Stephentoulmin Al Estudio De La Evolución Del Concepto de Ley Periódica.* III Jornada D'història De La Ciència I Ensenyament, p. 119-126.
- CAMACHO; QUINTANILLA, CUÉLLAR, GALLEGU Y PÉREZ, (2006) *Ley Periódica ¿Modelo De Enseñanza O Modelo Químico? Reflexiones desde la Historia de la Ciencia.*
- CASTRO, E. (1992) *El Empleo De Modelos En La Enseñanza De La Química.* *Enseñanza De Las Ciencias*, n. 10, v. 1, p. 73-79.
- CUÉLLAR FERNÁNDEZ, LUIGI (2010) *La historia de la química en la reflexión sobre la práctica profesional docente. Un estudio de caso desde la enseñanza de la Ley Periódica.* Tesis Doctoral. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.
- CUÉLLAR, PÉREZ Y QUINTANILLA, (2005) *La propuesta de Ernest Rutherford en los libros de texto en Colombia. Un análisis desde la historia de las ciencias y la visión de transposición didáctica en ellos.* Número extra. VII Congreso Internacional sobre investigación en la didáctica de las ciencias.
- JANET, (1929) *The helicoidal classification of the elements.* *Chemical News*.
- LINARES LÓPEZ LAGE, (2004) *Elemento, átomo y sustancia simple. Una reflexión a partir de la enseñanza de la Tabla Periódica en los cursos generales de Química.* Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
- MENDELEIÉV (1869) *Principios de química.*
- MUÑOZ, y Bertomeau, (2003) *La Historia De La Ciencia En Los Libros De Texto: La(S) Hipótesis De Avogadro.* *Enseñanza De Las Ciencias*, n. 21, v.1, p. 147-159.
- QUINTANILLA, IZQUIERDO Y ADÚRIZ-BRAVO, (2005) *Characteristics and methodological discussion about a theoretical model that introduces the history of science at an early stage of the experimental science teachers professional formation.* *Science & Education, IHPST*, 8
- SCERRI, (2007) *The Periodic Table. Its Story and its significance.* New York, Oxford University Press.
- SCERRI, (2008) *The Role of Triads in the Evolution of the Periodic Table: Past and Present.* *Journal of Chemical Education*, Vol. XX No. XX, p. 1-5.
- SCERRI, (2010) *Explaining the periodic table, and the role of chemical triads.* *Found Chem*, 12:69–83.
- SCERRI, (2011c) *Editorial 39.* *Found Chem* (2011) 13:171–172
- SODDY, FREDERIK (1913) *Isotope.* *Nature*, 4 de diciembre.

Nullius in verba? Testimonio y probabilidad según Leibniz

*Evelyn Vargas**

1. Introducción

La cuestión de la incorporación de formas de prueba derivadas de las ciencias humanas al estudio de la naturaleza durante la revolución científica ha sido ampliamente estudiada en décadas recientes. Estos estudios se concentraron especialmente en la importancia de las doctrinas legales para el desarrollo de la filosofía experimental inglesa y coinciden en señalar que como consecuencia de ello tuvo lugar una reevaluación del conocimiento probable y la elaboración de una nueva noción de hecho. Menos conocido es el alcance de estas transformaciones en la Europa continental, y su importancia para la comprensión del pensamiento de Leibniz. En efecto, su formación jurídica le permitió a este pensador estar familiarizado con las formas de prueba admitidas en derecho. De entre éstas los argumentos probables tienen un rol central. En los textos destinados a la fundamentación del derecho, y hasta comienzos de la década de 1680, Leibniz reconoce dos tipos de argumentos probables: en tanto las conjeturas y presunciones conforman un primer tipo, el de aquellos argumentos que se basan en la naturaleza de las cosas, el segundo tipo de argumentos se funda en la opinión, es decir, en la autoridad de quien la sostiene. Sin embargo, en su discusión con Locke en los *Nuevos Ensayos*, los testimonios dejan de ser considerados una forma de argumentación independiente, y pasan a constituir una forma de evidencia que puede apoyar un argumento probable basado en la naturaleza de las cosas. Mi propósito en esta comunicación es analizar dicha innovación en el pensamiento leibniziano, explicitando las condiciones que lo hicieron posible, y señalando, a la vez, las diferencias con el punto de vista empirista.

2. El problema epistemológico del conocimiento testimonial

La epistemología reciente ha revalorizado el rol cognitivo del testimonio. No obstante, no se alcanzó un acuerdo unánime respecto a su alcance epistemológico. Para entender en qué consiste el conocimiento testimonial es preciso esclarecer al menos dos cuestiones centrales: en primer lugar, cómo se adquiere el conocimiento por testimonio, y también, qué justifica el conocimiento que adquirimos a partir del testimonio de otros. La adquisición de conocimiento a través de testimonios puede entenderse de dos maneras: algunos consideran que la función del testimonio consiste en transmitir conocimiento, es decir, que quien da testimonio ya se encuentra en posesión de la creencia, y solo la trasmite a receptores pasivos de dichas creencias. Pero si esta es la función epistemológica que corresponde al testimonio, sería reducible a aquellas formas de conocer que generaron la creencia en cuestión en primer lugar. Además, aquellos que se valen del testimonio para adquirir conocimiento en ámbitos disciplinares como

* Universidad Nacional de La Plata / CONICET

la historia o el derecho a menudo extraen de los testimonios información que los testigos no comprenden o que no creen ellos mismos. En otras palabras, quien recibe el testimonio puede atribuir al testimonio propiedades epistémicas que no posee para el testigo, es decir, no es una condición necesaria para que S sepa que p, que el testigo sepa o crea que p.

Al mismo tiempo, los epistemólogos del testimonio se preguntan por aquello que confiere justificación al conocimiento testimonial. Por una parte, los intérpretes clásicos han reducido la garantía que se confiere al conocimiento por testimonio a la posesión de razones no basadas en testimonios. Según esta interpretación, entonces, es una condición necesaria del conocimiento testimonial que S cuente con razones adicionales al testimonio para creer que p. Naturalmente, se ha objetado que de ser posible contar con una justificación no testimonial, ésta sería superflua (más aún, como sucede en historia, no siempre se dispone de evidencia no testimonial).

Una primera lectura de los textos leibnicianos sugieren que el cambio de perspectiva señalado al comienzo lo condujo a una concepción reduccionista del testimonio, es decir, que éste ya no constituye una forma independiente de generar conocimiento sino que solo acompaña a la percepción, la memoria, o la inferencia.

3. El conocimiento testimonial

3.1. En los textos jurídicos:

He señalado que en los textos jurídicos el testimonio constituye una forma de argumentación probable, que se distingue de las conjeturas y presunciones, que se fundan en la naturaleza de las cosas. Los testimonios se fundan en la opinión de los hombres, es decir, en la autoridad de quien la sostiene. Dice Leibniz:

La ARGUMENTACIÓN PROBABLE se deriva o bien de la naturaleza de las cosas, o bien de la opinión de los hombres. A su vez, [EL ARGUMENTO] A PARTIR DE LA NATURALEZA DE LAS COSAS es, o bien una presunción, o bien una conjetura. (A6.4.2789. DE LEGUM INTERPRETATIONE, RATIONIBUS, APPLICATIONE, SYSTEMATE; 1678/79?)¹ [Todas las traducciones son propias]

La conclusión de un argumento probable, según esta clasificación, dependería de factores que afectan al que da el testimonio y le otorgan credibilidad. Si bien ningún argumento probable pone en evidencia una conexión necesaria, pues, por definición, no son deductivos, la fuerza conclusiva de la inferencia a partir de testimonios descansaría en la confiabilidad de la fuente, por ejemplo, su competencia o su sinceridad. Los *Nuevos Ensayos* parecerían sugerir que para conferir valor epistémico a una creencia, es necesario contar con razones evidenciales a la hora de establecer el hecho enunciado en la conclusión; para que la argumentación testimonial pueda ser evaluada como una clase de evidencia, sería necesario proveer condiciones adicionales en apoyo de la conclusión (es decir, contar con justificación epistémica y evidencial independiente).

3.2. En el debate con el empirismo de locke

En los *Nuevos Ensayos* Leibniz evalúa el alcance de la posición empirista. Siguiendo la estructura del Ensayo, en el libro IV se ocupa de los razonamientos probables. Locke había sostenido que el razonamiento probable nos permite formar creencias acerca de aquellas cuestiones sobre las cuales no tenemos conocimiento cierto (E I, i, 3). El argumento probable se asemeja al razonamiento deductivo que produce conocimiento, pero difiere de él en aspectos significativos. Dice Locke:

Tal como la demostración es el mostrar el acuerdo o desacuerdo de dos ideas, por la intervención de una o más pruebas que tienen entre sí una conexión constante, inmutable, y visible, así la probabilidad no es otra cosa que la apariencia de tal acuerdo o desacuerdo, mediante la intervención de pruebas cuya conexión no es constante e inmutable, o al menos no se la percibe así, pero es o aparece mayormente de ese modo, y es suficiente para inducir a la mente a juzgar que la proposición es verdadera o falsa, más bien que lo contrario. (E IV, xv, 1, p. 654)²

El entendimiento, que usa las ideas provenientes de la experiencia, es la facultad encargada del razonamiento. Inferir consiste en extraer una proposición de otras mostrando cómo las ideas que forman la conclusión alcanzada se relacionan (E IV, xvii, 18). Cuando la conexión es 'visible' se trata de una demostración, cuando solo se supone, se trata de un argumento probable.³ Por tratarse de un razonamiento, el argumento probable también relaciona dos ideas por medio de una tercera, y así extiende el ámbito del conocimiento sensible pues la creencia u opinión que se concluye no constituye conocimiento en sentido estricto sino que la proposición solo es asentida por el juicio (E IV, xiv, 3). Cuando no percibimos el acuerdo sino que solo lo presumimos interviene la capacidad de asentir o formarse un juicio. Así, lo que me hace creer es ajeno a la cosa creída.⁴

La presunción de acuerdo no se debe a la naturaleza intrínseca de las ideas. La base de la probabilidad es lo que nos induce a creer, y el grado de asentimiento debe ser proporcional a dichas bases (E IV, xv, 5). Las bases de la probabilidad son dos: el testimonio, y la conformidad con nuestro conocimiento, observación y experiencia (E IV, xv, 4). Las ideas tomadas de nuestra experiencia o el testimonio recibido nos inducen a suponer que dos ideas se conectan cuando no percibimos su conexión intrínseca (E IV, xv, 5), pero no conocemos, mediante algún cálculo, qué grado de asentimiento debemos dar a una proposición pues no conocemos que la creencia tiene una plausibilidad específica de ser verdadera; solo tiene la apariencia o presunción de ser verdadera. Leibniz encuentra esta concepción profundamente problemática.

En los *Nuevos Ensayos*, Filaletes, el portavoz de Locke, había sostenido que la probabilidad se fundaba o bien en la conformidad con *lo que sabemos* o en el testimonio de *los que saben*. Esta modificación sutil sustituye aquello a lo que debe conformarse lo probable (conocimiento, observación y experiencia) por el solo conocimiento, es decir, conocimiento y creencia ya no aparecen separados, tal como Teófilo había defendido en un capítulo anterior:

La opinión, fundada en lo verosímil, merece tal vez el nombre de conocimiento; de otro modo casi todo el conocimiento histórico y muchos otros caerán. Pero sin querer disputar acerca de nombres, pienso que la *búsqueda de los grados de probabilidad* sería muy importante y que aun carecemos de ella, y es un gran defecto de nuestros lógicos. Pues cuando no se puede decidir de manera absoluta la cuestión, se podría determinar el grado de verosimilitud *ex datis*, y consecuentemente, se puede juzgar razonablemente qué posición parece más evidente. (NE IV, ii, 14)⁵

La estrategia leibniana busca desarticular la posibilidad de hacer de la creencia probable una creencia que se apoya siempre en algo ajeno a lo creído y que deba limitarse a una mera apariencia de certeza que no alcanza a ser conocimiento. Así, Teófilo defiende que el fundamento de la probabilidad no es doble sino único:

Preferiría más bien sostener que ella siempre está fundada en la verosimilitud o la conformidad con la verdad. (NE IV, xv, 4)⁶

Ya no aparece el testimonio como un fundamento distinto de modo que la semejanza con la verdad engloba también al testimonio. En tal sentido, si partimos de los dos tipos de argumentos retóricos,⁷ el testimonio sin embargo puede dar lugar a un tercer tipo de argumento mixto, que provee un hecho, y por tanto puede usarse en un argumento artificial. Si el testimonio puede proveer una premisa para un argumento artificial es porque es un hecho el que los testimonios coincidan y en esto consiste la conformidad con lo conocido. Escribe Leibniz:

... de modo que yo creo que el verdadero *criterio* en materia de objetos de los sentidos es la relación entre los fenómenos, es decir, la conexión de lo que pasa en diferentes lugares y tiempos, y en la experiencia de diferentes hombres, que son los unos respecto a los otros fenómenos muy importantes en lo concerniente a este artículo. (NE IV, ii, 14)⁸

En su opúsculo “Sobre el modo de distinguir los fenómenos reales de los imaginarios”, escrito probablemente entre el verano de 1683 y el invierno de 1685-6,⁹ Leibniz ya había sostenido que el indicio más válido de la realidad de un fenómeno es la conformidad de los propios fenómenos con lo afirmado por otras personas, aunque solo el éxito predictivo es un indicio que basta por sí mismo (los indicios sólo confieren probabilidad, y afirmar lo contrario no implica contradicción).

El testimonio no es necesariamente un tipo de fundamento de naturaleza independiente de la conformidad con lo que es verdadero, sino que es uno de los recursos que evidencian las correlaciones con lo real. Dice Leibniz:

Pero lo probable o lo verosímil es más amplio [que la *endoxa* o lo opinable de Aristóteles]: es necesario extraerlo de la naturaleza de las cosas; y la opinión de las personas cuya autoridad es de peso es una de las cosas que puede contribuir a hacer una opinión más verosímil, pero no es lo que consuma toda la probabilidad. (NE IV, ii, 14)¹⁰

Estas afirmaciones parecen indicar que para Leibniz el testimonio no constituía una

forma de conocimiento independiente de la percepción, la memoria, o la inferencia. Pero, como vimos, una concepción reduccionista del testimonio excluye aquellas disciplinas en las que solo se cuenta con testimonios. Con relación a la historia, dice sin embargo Leibniz, la coincidencia entre los testimonios de distintos historiadores, en tanto sean independientes entre sí, constituyen “un gran indicio de verdad (NE IV, xvi, 11).” Al criticar la definición de Locke de la presunción, distingue a ésta de las conjeturas o indicios. Para Filaletes tener una presunción es tener por verdadero antes de probarlo (recuérdese, además, que Locke considera que todo razonamiento probable es una presunción). Para Teófilo, en cambio, la presunción se tiene por verdadera provisionalmente, hasta tanto se pruebe lo contrario, pero siempre con un fundamento. Las conjeturas, por su parte, se comparan entre sí, y tienen grados (NE IV, xiv, 1).

4. La inferencia probable

En sus escritos de derecho es posible encontrar elementos que nos permitan ampliar lo dicho en *Nuevos Ensayos*, en particular, en lo que respecta a cuál es la base por la que hacemos presunciones. Una presunción es aquella proposición que se tiene por verdadera a menos que se pruebe lo contrario. Pero esta prueba debe mostrar que hubo algún cambio:

Y por cierto hay grados en la probabilidad, pues algunas cosas exceden tanto la probabilidad que ninguna comparación discernible puede hacerse; a éstas se las llama moralmente ciertas. Y fuera de éstas, algunas cosas no solo tienen probabilidad sino que también se presumen verdaderas, hasta tanto se muestre lo contrario, es decir, en las que es necesario mostrar que se produjo algún cambio pues se creen verdaderas. (A6.4. 136. PRAECOGNITA AD ENCYCLOPAEDIAM; Winter 1678-9?)¹¹

Más aun, se debe tener por principio la presunción de que todo permanece en el estado en que está:

Se presume que cada cosa permanece en el estado en que está.

Es más probable lo que tiene menos requisitos, o lo que es más factible. (A6.4.530 INTRODUCTIO AD ENCYCLOPAEDIAM ARCANAN)¹²

Las probabilidades pueden compararse en cuanto a su factibilidad pues la factibilidad, a su vez, se define por los requisitos o condiciones necesarias. Pero cuando la probabilidad de que un suceso tenga lugar es incomparablemente mayor que su opuesto, se dice que la proposición que lo enuncia es moralmente cierta. Tal es el caso de las presunciones.

La conjetura, por su parte, implica poder comparar proposiciones opuestas cuya verdad se desconoce pero se juzga a favor de la más factible:

La CONJETURA tiene lugar, si para probar exactamente uno de los opuestos se requiere aun algo positivo, no consta que son verdaderos, pero se pronuncia entretanto [NB. Entretanto, si, por tanto, la sentencia puede ser retractada] a favor de aquello que es más factible o que tiene menos requisitos o le genere menos. A6.4.2789. DE

La probabilidad tiene entonces grados que miden la factibilidad o las condiciones necesarias para que el suceso tenga lugar. El juicio o conclusión probable resulta de comparar cuál de los opuestos enunciados en las proposiciones opuestas es más fácil, a partir de los datos conocidos:

Pero la probabilidad no es algo absoluto, sino a partir de algunos datos conocidos establecidos, los cuales no obstante no bastan para resolver el problema; sin embargo alcanzan para que juzguemos rectamente si uno de los opuestos es más factible a partir de las circunstancias dadas conocidas por nosotros. Pero es más factible aquello cuyos requisitos son menos o menores. Por tanto, de cualquier cosa que así se conozca a partir de los datos, su probabilidad es conocida por nosotros con certeza. (A6.4. 136. PRAECOGNITA AD ENCYCLOPAEDIAM; 1678-9?)¹⁴

Así, la probabilidad se refiere comúnmente a las conjeturas, cuyos grados pueden estimarse, en tanto que las presunciones, aunque también se establecen en términos de su factibilidad,¹⁵ son, sin embargo, incomparablemente más factibles que su opuesto,¹⁶ y son, por tanto, moralmente ciertas. Lo que se confirma por muchos indicios es moralmente cierto, porque dicha confirmación es una característica de lo verdadero, y puede servir de principio:

Principio de la certeza moral

Todo lo que se confirma por muchos indicios, los que difícilmente pueden concordar excepto en lo verdadero, es moralmente cierto, o incomparablemente más probable que su opuesto. (A6. 4. 530. INTRODUCTIO AD ENCYCLOPAEDIAM ARCANAM)¹⁷

Sin embargo, aunque solo las conjeturas tienen grados comparables, tanto conjeturas como presunciones dan lugar a razonamientos probables, que provienen de la naturaleza de las cosas. Son los requisitos los que determinan la factibilidad de un suceso, y por tanto, la probabilidad de un enunciado.

A la taxonomía de Locke de los grados de probabilidad que deben servir de base al asentimiento, Leibniz opone la práctica de los juristas, cuyos procedimientos son la aplicación de una especie de lógica, la de los grados de probabilidad. Una vez que el testimonio es considerado un reporte observacional entre otros, es posible incorporarlo como un elemento de prueba respecto de un hecho. Es una cuestión trivial que debemos usar la percepción para leer u oír un testimonio. La fuente del conocimiento testimonial no es la percepción. En realidad, no se trata de adherir a un fundacionalismo epistémico, que pretenda reducir la información testimonial a una cadena de transmisión que termine en alguna de las otras fuentes de conocimiento, como la percepción o la memoria. Por el contrario, el conocimiento testimonial se genera a partir de la coherencia entre diferentes observaciones, o historias, que pueden consistir simplemente de múltiples testimonios. Más aún, la expresión “el testimonio de los sentidos” que tantas veces emplea Leibniz para referirse a la percepción, no debe verse como una mera referencia

metafórica. Si el testimonio no constituye una forma independiente de argumentación probable no es porque se ha dejado de lado su valor en la generación de conocimiento a favor de las fuentes tradicionales sino porque Leibniz entiende que su especificidad no consiste en apoyarse en factores subjetivos como la probidad del que lo emite. Es en este sentido que debe entenderse lo verosímil como conformidad con la verdad, y que este acuerdo es el que funda la probabilidad.

Conclusiones

En suma, Leibniz rechaza la idea según la cual la inferencia probable solo tiene la apariencia de una prueba sino que forma parte de un programa de la lógica que considera esencial desarrollar más allá del ámbito jurídico. En la estructura disciplinar renacentista se distinguía entre aquella disciplina cuyo objetivo era la verdad, esto es, la lógica o dialéctica, y aquella cuya meta era la persuasión, esto es, formar creencia, de modo que era en las cuestiones relativas a la ‘inventio’ o descubrimiento de argumentos, donde la credibilidad resultaba crucial y constituía la base de los argumentos probables. Para Leibniz, en cambio, los argumentos probables forman parte del ‘ars iudicandi,’ y constituyen formas de inferencia cuya validez se funda en las conexiones contingentes entre los términos de las verdades contingentes que los fenómenos bien fundados expresan. De esta manera, Leibniz evita caer en el fundacionalismo del empirismo clásico, a la vez que introduce una nueva concepción del conocimiento natural, probabilista, y por tanto, falibilista.

Notas

1. “ARGUMENTATIO PROBABILIS procedit vel are inatura, vela bhomin u mo pinione. A REI NATURA rursus est vel Praes um tiovelconjectura.”
2. “As Demonstration is the shewing of the agreement or disagreement of two Ideas, by the intervention of one or more Proofs, which have a constant, immutable, and visible connexion one with another: so Probability is nothing but the appearance of such an Agreement or Disagreement, by the intervention of Proofs, whose connection is not constant and immutable, or at least is not perceived to be so, but is or appears, for the most part to be so, and is enough to induce the Mind to judge the Proposition to be true, or false, rather than the contrary.”
3. To infer is nothing but by virtue of one Proposition laid down as true, to draw in another as true, i.e. to see or suppose such a connexion of the two Ideas, of the inferr'd Proposition (E IV, xvii, 4; p.672).
4. That which makes me believe, is something extraneous to the thing I believe; something not evidently joined on both sides to, and so not manifestly shewing the Agreement, or Disagreement of those Ideas, that are under consideration’ (E IV. xv. 3).
5. “L’*opinion*, fondée dans le vraisemblable, merite peutestre le non de connoissance; autrement presque toute connoissance historique et beaucoup d’autres tomberont. Mais sans disputer des noms, je tiens que la *recherche des degrés de probabilité* seroit très importante et nous manque encore, et c’est un grand défaut de non Logiques. Car lorsqu’on ne peut point decider absolument la question, on pourroit determiner le degré de vraisemblance *ex datis*, et par consequent on peut juger raisonablement quel parti

est le plus apparent.”

6. “J’aimerais mieux de soutenir qu’elle est toujours fondée dans la vraisemblance ou dans la conformité avec la vérité.”

7. El argumento o prueba inartificial, que no requería ‘arte’ para ser formulado, se oponía al argumento artificial y pasó a reforzar la oposición razón-autoridad característica de la modernidad, pues se entendía que los argumentos artificiales eran producto del razonar lógico. (v. Serjeantson (1999); (2008)). El uso leibniciano hace del testimonio una fuente de hechos históricos o evidencia pre-argumentativa según el uso de los filósofos experimentales, es un hecho más.

8. “... de sorte que je crois que le vray *Criterion* en matiere des objets des sens, est la liaison des phenomenes, c’est à dire la connexion de ce qui passe en differens lieux et temps, et dans les expériences de differens hommes, qui sont eux mêmes les uns aux autres des phenomenes très importans sur cet article. »

9. Validissimum autem utique indicium est consensus cum tota serie vitae, maxime si idem suis quoque phaenomenis congruere alii plurimi affirmant; nam alias substantias nobis similes existere non tantum probabile, sed et certum est, ut mox dicam. Sed potissimum realitatis phaenomenorum indicium quod vel solum sufficit, est successus praedicendi phaenomena futura ex praeteritis et praesentibus, sive illa praedictio in ratione aut hypothesi hactenus succedente, sive in consuetudine hactenus observata fundetur. (A6.4. 1498-99)

10. “Mais le probable ou le vraisemblable est plus étendu [que l’Endoxe ou opinable d’Aristote]: il faut le tirer de la nature des choses; et l’opinion des personnes, dont l’autorité est de poids, est une des choses, qui peuvent contribuer à rendre une opinion vraisemblable, mais ce n’est pas ce qui acheve toute la verisimilitude.”

11. “Sunt autem gradus in probabilitate, quaedam enim usque adeo probabilitate excedunt, ut nulla possit cum opposito institui notabilis comparatio, haec dicuntur moraliter certa, alia communi nomine probabilia appellantur. Et ex his sunt aliqua quae non tantum probabilia habentur, sed et vera praesumuntur, donec contrarium ostensum sit, ubi scilicet mutationem aliquam factam ostendi opus est, ut vera credantur.”

12. “Unumquodque praesumitur manere in statu in quo est. Probabilius est quod pauciora habet requisita, seu quod est facilius.”

13. “CONJECTURA locum habet, si ad utrumque oppositorum exacte probandum aliqua positiva adhuc requiruntur, quae an vera sint, non constat, pronuntiatur tamen interim [NB. interim, an ergo retractari potest sententia.] pro eo, quod est facilius, sive quod pauciora aut in eodem genere minora habet requisita.”

14. “Probabilitas autem non est aliquid absolutum, ex datis quibusdam notitiis certis, quae licet non sufficiant ad solvendum problema, efficiunt tamen ut recte judicemus, utrum oppositorum sit facilius, ex datis circumstantiis nobis notis. Facilius autem est cujus minora aut pauciora sunt requisita. Quicquid ergo tale ex datis cognoscitur, ejus probabilitas nobis certo cognita est.”

15. Omne ergo praesumendum est facilius, non contra. A6. 4. 472

16. Et lorsque Copernic estoit presque seul de son opinion, elle estoit toujours incomparablement plus vraisemblable que celle de tout le reste du genre humain (NE IV, ii, 14).

17. “Principium certitudinis moralis

18. Omne quod multis indiciis confirmatur, quae vix concurrere possunt nisi in vero, est moraliter certum, seu incomparabiliter probabilius opposito.”

Bibliografía

- DASTON, L. (1998), “Probability and Evidence,” en Garber, D. y Ayers, M. (eds.) *The Cambridge History of Seventeenth-Century Philosophy*, vol. II, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 1108-1144.
- LEIBNIZ, G. W. (1962) *Nouveaux essais sur l'entendement humain*, en A6.6. [=NE]
- LEIBNIZ, G. W. (1923-...) *Sämtliche Schriften und Briefe*, Hrsg. von der Akademie der Wissenschaften. Darmstadt-Berlin: Akademie-Verlag. [=A]
- LOCKE, J. (1975) *An Essay concerning Human Understanding*, Nidditch, P (ed), Oxford: Clarendon Press. [=E]
- SERJEANTSON, R. W. (1999), “Testimony and Proof in Early-Modern England,” *Studies in History and Philosophy of Science*, vol. 30, No. 2, pp.195-236.
- SERJEANTSON, R. W. (2006), “Proof and Persuasion,” en Park, K. y Daston, L. (eds.), *The Cambridge History of Science*, vol. 3, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 132-178.
- VARGAS, E. (2013), “Lo incierto según Leibniz,” en Vidal et alia. (eds), *Actas de las IX Jornadas de Investigación en Filosofía*, (disponible en <http://jornadasfilo.fahce.unlp.edu.ar/ix-jornadas>).

Mindreading: Los enfoques híbridos de teoría y simulación como propuestas de Teorías Multi-Proceso

Fernanda Velázquez Coccia *

1. Introducción

El fenómeno de atribuir estados mentales, y de explicar y predecir la conducta y el pensamiento, propio y ajeno, en base a éstos, desde siempre ha llamado la atención de los filósofos y, más recientemente, de los psicólogos. Un modo de abordar el fenómeno es considerarlo como el producto de una competencia cognitiva y, desde este enfoque, el fenómeno usualmente se denomina *mindreading*. Según el enfoque de la “teoría de la teoría”, el proceso subyacente a *mindreading* consiste en un cuerpo de conocimiento que guía la ejecución de la competencia cognitiva. Así, haciendo uso de este conocimiento y en base a información sobre el blanco de la atribución, se llevan a cabo inferencias acerca del comportamiento del mismo (Stich & Nichols, 1992, 1995, 1996, 1997). Contrariamente, el enfoque de la simulación postula que no es preciso ningún tipo de conocimiento para ejecutar *mindreading*, sino que basta con la simulación mental (Gordon, 1995a; Heal, 1995a; Goldman, 1995a). En ésta, el sistema cognitivo propio es alimentado por *inputs* especiales (“ficticios” y relevantemente similares a los *inputs* del blanco). Además, el *output* resultante de la simulación no alimenta los sistemas controladores de la acción sino, en cambio, se utiliza para realizar una atribución al blanco (modo de funcionamiento *off-line* o desacoplado de los sistemas controladores de la acción). En la simulación mental, se asume que dado que el sistema cognitivo es alimentado con *inputs* relevantemente similares a los del blanco, es plausible que el *output* sea relevantemente similar. En este sentido, los recursos cognitivos propios se utilizan como “modelo” del sistema cognitivo del agente blanco de la atribución (Stich & Nichols, 1992, 1995).

En filosofía, se han propuesto enfoques híbridos de teoría y simulación para dar cuenta de *mindreading* (Nichols & Stich, 2003; Goldman, 2006). Los enfoques híbridos de teoría y simulación postulan que, al menos, dos tipos de procesos (de bases de información y simulacional) subyacen a la competencia de *mindreading*. En este sentido, éstos se distancian del abordaje tradicional, conocido como “el debate teoría-simulación”, según el cual un único proceso, puro de teoría o de simulación, subyace a *mindreading*. Si bien, en este contexto, el término “híbrido” puede entenderse en el sentido de que dos procesos, que anteriormente eran considerados excluyentes, ahora se consideran ambos como subyacentes a *mindreading*, esto no aclara la relación que se establece entre los mismos. En ciencia cognitiva el término “híbrido” se utiliza con distintos sentidos, y aclarar cómo se utiliza en estos enfoques será provechoso para el estudio de *mindreading*. Particularmente, parece necesario establecer qué

* Universidad de Buenos Aires

implica la hibridación de procesos en este caso. Si, por ejemplo, implica que los procesos se complementan, se superponen o se alternan entre sí para la ejecución de la competencia.

En este trabajo evaluaré particularmente si el enfoque híbrido de teoría y simulación de Goldman (2006) puede entenderse como una Teoría Multi-Proceso para *mindreading*, tal como la caracteriza Machery (2009). Este enfoque híbrido postula, en concordancia con las Teorías Multi-Proceso, que, al menos, dos tipos de procesos cognitivos subyacen a *mindreading*. Esto, en contraposición con la hipótesis que usualmente se asume en ciencia cognitiva de que a una competencia cognitiva le subyace un único proceso (Machery, 2009). En la propuesta de Goldman (2006), si bien los procesos subyacentes parecen considerarse como procesos suficientes para ejecutar la competencia cognitiva, éstos parecen tener las características de las sub-competencias al mismo tiempo, y esto último no es compatible con las Teorías Multi-Proceso (Machery, 2009). En principio, esto impediría que la propuesta híbrida de teoría y simulación de Goldman (2006) pueda considerarse como una propuesta de TMP, como señalaré en las secciones 4 y 5.

2. Las Teorías Multi-Proceso

De la investigación especulativa que lleva a cabo Machery (2009), la primera noción que me interesa destacar es la de “competencia cognitiva”. Según Machery (2009), los psicólogos dividen la cognición en varias competencias cognitivas (CC). Estas se definen funcionalmente, por aquello que producen. Pueden considerarse ejemplos de competencias cognitivas el reconocimiento visual de caras, la estimación visual de la cardinalidad de una clase, la estimación de la cardinalidad de una secuencia de sonidos, la capacidad de clasificar objetos físicos en clases, la capacidad de determinar la estructura sintáctica de oraciones, de distinguir fonemas, de identificar sombras en el campo visual. Se asume que las CC están anidadas en el sentido de que tener una competencia cognitiva implica, típicamente, tener sub-competencias. Por ejemplo, la capacidad de distinguir objetos en nuestro campo visual implica la capacidad de identificar las sombras proyectadas por estos objetos (Machery, 2009).

Además, se asume que un proceso cognitivo es un modo específico de producir aquello para lo que es una competencia cognitiva (Machery, 2009). Así, los procesos cognitivos *subyacen* a las competencias cognitivas. Describir un proceso cognitivo implica caracterizar los pasos en virtud de los cuales se produce, en base a sus *inputs*, aquello para lo que es la competencia cognitiva. Por ejemplo, comparar la representación de un objeto con su prototipo con el propósito de decidir si este objeto pertenece a la categoría representada por el prototipo, se considera un proceso subyacente a la capacidad de categorización (Machery, 2009).

Particularmente, en las Teorías Multi-Proceso (TMP) se asume que a una única competencia cognitiva le subyacen distintos procesos cognitivos. Sin embargo, esta afirmación no debe entenderse en el sentido trivial de una competencia conformada por sub-competencias, sino en el sentido de que cada uno de los procesos postulados es suficiente para producir la competencia cognitiva (Machery, 2009). De modo que si todos los procesos menos uno fueran eliminados,

el organismo aún poseería la competencia, aunque quizás sus productos diferirían de aquellos que produciría la misma cuando todos los procesos están en funcionamiento (Machery, 2009: 127). Según Machery (2009), un ejemplo de TMP es la propuesta de doble proceso para los juicios morales, en la que se postulan dos fuentes para realizar los juicios morales, una emocional y otra racional (Greene & Haidt, 2002). De modo que si un proceso subyacente está dañado pero el otro no, aún se pueden llevar a cabo juicios morales aunque con un perfil de desempeño diferente respecto de aquel que se generaría en el caso de poseer ambos procesos intactos. En base a esto, extraeré el primer requisito que tiene que satisfacer un enfoque que postula más de un proceso cognitivo subyacente a una misma capacidad para ser considerado una TMP:

(a) ser un proceso subyacente a una TMP implica ser suficiente para producir la competencia cognitiva, esto es, no ser una sub-competencia.

Además, proponer una TMP implica otras cuestiones que van a determinar el tipo de TMP de que se trata (Machery, 2009). En primer lugar, es preciso determinar las condiciones de puesta en funcionamiento de los procesos. En este caso, tres opciones son posibles. Cada proceso se pone en funcionamiento por unas condiciones que le son particulares. O bien, cada proceso se pone en funcionamiento para su propio rango de condiciones pero, en varias condiciones, todos los procesos (o muchos de ellos) se ponen en funcionamiento. O bien, todos los procesos se ponen en funcionamiento en todas las condiciones. En este sentido, considero que un segundo requisito para evaluar si los enfoques híbridos de teoría y simulación pueden considerarse una TMP es:

(b) para ser un proceso subyacente a una TMP es preciso que estén determinadas las condiciones que lo ponen en funcionamiento.

Una cuestión relacionada con ésta última reside en que si varios procesos cognitivos son puestos en funcionamiento simultáneamente es preciso señalar qué sucede con los *outputs* de los distintos procesos, dado que la CC produce un único *output*. En este caso, pueden existir mecanismos integrativos o no integrativos de los *outputs*. Puesto que el modo en que una propuesta multi-proceso resuelve estas cuestiones da lugar a diferentes TMP, considero que un tercer requisito para evaluar si un enfoque híbrido puede ser considerado una TMP es:

(c) si los procesos propuestos son puestos en funcionamiento simultáneamente, es preciso que se establezca un mecanismo para producir el único *output* de la competencia.

A continuación, en la sección 3, presentaré el enfoque híbrido de teoría y simulación propuesto por Goldman (2006), que será analizado según los requisitos a-c, en las secciones 4 y 5.

3. El enfoque híbrido de teoría y simulación de Goldman (2006)

Goldman (2006: 43) postula un enfoque híbrido de teoría y simulación con el propósito de brindar una teoría comprensiva de *mindreading*. Ésta implica distanciarse del abordaje tradicional de la atribución mentalista centrado en la atribución de actitudes proposicionales (AP), como los deseos y las creencias, y dar cuenta también de otros tipos de estados mentales

como las sensaciones y las emociones. Particularmente, Goldman (2006) considera que la evidencia es contundente respecto de la existencia de procesos de tipo simulacional subyacentes a la atribución de emociones (como el asco y la ira) y de sensaciones (como el dolor y el tacto), y también respecto de que estos mecanismos son más primitivos y automáticos que los subyacentes a las atribuciones de AP. Así, esta propuesta híbrida pone el énfasis en el aspecto simulacional en detrimento del desarrollo del aspecto de teoría. En esta propuesta, la relación entre los procesos de teoría y simulación queda reducida a formular, sin mayores detalles, los distintos modos en que los mismos pueden combinarse para generar *mindreading*, mientras que la propuesta de dos tipos de simulación se desarrolla extensivamente.

En relación a los híbridos de teoría y simulación, las relaciones de independencia y cooperación se consideran las más plausibles (Goldman, 2006: 43-46). En el caso de la independencia entre los procesos, apenas se estipula la posibilidad de que ciertas tareas de *mindreading* se lleven a cabo completamente por simulación o por teoría. En cuanto a la cooperación, se asume que la teoría ayuda a establecer las condiciones para que un proceso simulacional se inicie, tal como se aprecia en los siguientes ejemplos de cooperación entre los procesos postulados. En las rutinas de *mindreading* es posible recurrir a teorización para inferir los estados iniciales del blanco para los que, luego se construyen estados ficticios que alimentarán como *input* al sistema de toma de decisiones propio. Este sistema, en modo de funcionamiento *off-line*, arrojará un *output* que se utilizará para realizar una atribución al blanco. Nótese que el primer paso de este proceso se lleva a cabo por teorización, mientras que el proceso que genera la atribución es de tipo simulacional. A su vez, la teoría puede cooperar con la simulación en aquellos casos en que las atribuciones mentalistas tienen lugar “en reversa”, esto es, cuando éstas parten de los efectos observados en busca de aquellos estados mentales que puedan haberlos causados¹. Así, las generalizaciones sobre las creencias y los deseos que las personas suelen tener en determinadas circunstancias se pueden usar para generar hipótesis que luego serán probadas mediante simulaciones. De modo que si de las creencias y los deseos hipotéticos se sigue un *output* que coincide con el comportamiento de interés, la adscripción es aceptada. Si no, se repite el proceso hasta encontrar la coincidencia buscada (Goldman, 2006: 45).

Como he mencionado, la propuesta de Goldman (2006) postula, además, dos tipos de procesos de simulación subyacentes a *mindreading*. La simulación de nivel superior (SNS) y de nivel inferior (SNI). Así, según Goldman (2006), cierta “lectura de mentes” se apoya en un proceso de tipo automático, inconsciente y primitivo, en el sentido de que utiliza poca computación, la SNI. Ésta subyace a atribuciones de estados mentales tales como las intenciones motoras, las sensaciones y las emociones, y el prototipo de la SNI son los procesos espejo (Goldman, 2006: 147). Los procesos espejo tienen lugar en los sistemas espejo, que son sistemas neuronales compuestos por neuronas espejo (NE). Las NE tienen un patrón de activación característico que consiste en activarse típicamente cuando un agente lleva a cabo una acción motora (un movimiento dirigido a una meta) del tipo de una interacción mano-objeto (agarrar, sostener, romper, manipular) y llamativamente, también, cuando el agente

observa a otro agente llevar a cabo acciones similares². Estas neuronas parecen constituir un sistema de emparejamiento entre la ejecución y la observación de la acción, conocido como “sistema de resonancia” (Fadiga *et al.*, 1995; Rizzolatti *et al.*, 1996). En el sentido de que cierta actividad neuronal en el observador “resuena” con la actividad observada en el agente. Se asume que las NE constituyen el sustrato de la representación de un plan motor para una acción que, cuando se activa en el observador, no se ejecuta. La evidencia sugiere que existen procesos espejo para ciertas emociones como el asco (Wicker *et al.*, 2003) y para ciertas sensaciones como el dolor (Jackson *et al.*, 2004)

En el caso de la SNS, algunos de sus componentes son accesibles al control voluntario y tienen cierto grado de accesibilidad a la conciencia. Particularmente, la SNS genera atribuciones de AP. Según Goldman (2006), el prototipo de SNS es la imaginación “enactiva”. La imaginación enactiva genera como *output* estados mentales “ficticios”. Éstos no constituyen meras suposiciones, el producto asociado usualmente a la imaginación, sino instancias de estados mentales como creencias, deseos y demás, aunque más “tenues” que sus contrapartes genuinas³. Si bien ambas propuestas son controversiales, en este trabajo no me comprometo con la defensa de la plausibilidad de la imaginación enactiva, ni de los procesos espejos como subyacentes a *mindreading*. A los efectos del análisis que llevaré a cabo, concedo esta posibilidad y cuéntame centro en la postulación de la existencia de dos tipos de procesos simulacionales subyacentes a *mindreading* y en el rango de estados mentales que abarca cada uno.

4. La relación de hibridación de teoría y simulación y las TMP

En principio, un enfoque híbrido de teoría y simulación puede entenderse como una TMP si consideramos a *mindreading* como una única CC a la que le subyacen distintos procesos cognitivos, en este caso, teoría y simulación. No obstante, para ser una TMP se requiere, además, que los procesos subyacentes postulados sean suficientes para producir la CC, esto es, que los mismos no se entiendan como sub-competencias. De modo que si todos los procesos menos uno fueran eliminados, el organismo aún poseería la competencia, aunque quizás sus productos diferirían de aquellos que la misma produce cuando todos los procesos están en funcionamiento (Machery, 2009: 127). En principio, la propuesta híbrida de Goldman (2006) postula múltiples (tipos de) procesos subyacentes a *mindreading*: teoría, SNI y SNS. La cuestión es qué relación se establece entre estos procesos y, particularmente, evaluar si esta relación puede caracterizarse como una relación que cumpla con los requisitos de las TMP.

Como he mencionado, en la propuesta híbrida de Goldman (2006) no se describe detalladamente el rol de la teoría, ni la relación que se establece entre teoría y simulación. No obstante, se postula una relación de independencia entre estos procesos, según la cual éstos parecen cumplir con el requisito (a) de ser ambos procesos suficientes para producir, por separado, *mindreading*. De modo que resulta posible asumir que si alguno de los procesos fallara, la capacidad de *mindreading* probablemente se conservaría, aunque con un perfil de desempeño diferente. El problema es que no queda claro cuál sería el perfil de desempeño en

este caso, porque la relación de independencia entre teoría y simulación no está suficientemente especificada. Se asume que una instancia de *mindreading*, y posiblemente categorías enteras de *mindreading*, son ejecutadas completamente mediante la simulación o completamente mediante la teoría (Goldman, 2006: 45). Sin embargo, no se especifican las condiciones bajo las cuales actúan los procesos de teoría y simulación. Esto es, no se especifica si cada proceso se pone en funcionamiento en casos particulares, en un rango de casos o en todos los casos. En virtud de esta falta de especificación, quedan abiertas todas las posibilidades. En este sentido, aunque el aspecto híbrido de la propuesta postula más de un proceso subyacente suficiente para producir *mindreading* (el requisito a), ésta es insatisfactoria porque no especifica las condiciones bajo las cuales se ponen en funcionamiento los procesos subyacentes (el requisito b). Además, en la medida en que no sabemos si la independencia implica el funcionamiento simultáneo, o no, de los procesos de teoría y simulación, esta propuesta no se puede evaluar en relación al requisito (c), según el cual es preciso establecer el mecanismo que determina el único *output* de la CC cuando los procesos actúan en simultáneo.

Por su parte, la relación de cooperación postulada entre teoría y simulación resulta insuficiente para considerar la propuesta híbrida de Goldman (2006) como una TMP. En principio, en esta relación, teoría y simulación no parecen cumplir con el requisito (a) de ser un proceso suficiente para producir la CC. Recuérdese que en el primer ejemplo mencionado (sección 3), la teoría viene a cumplir un rol de co-adyuvante de la simulación en tanto se establecen mediante teorización los estados iniciales del blanco con los que se generarán los estados ficticios para alimentar la rutina de simulación. En el segundo ejemplo (*i.e.* estrategia de generación y testeo), se establecen mediante teorización ciertas hipótesis respecto de qué estados mentales pueden haber generado el comportamiento de interés y se ponen a prueba mediante la simulación. En ambos casos, la teoría no es suficiente para producir el *output* de *mindreading* sino más bien, viene a establecer las “condiciones iniciales” para una simulación. En este sentido, teoría y simulación parecen concebirse como sub-competencias, porque por separado ninguna es suficiente para producir *mindreading*. En este sentido, el híbrido de teoría y simulación como cooperación no puede considerarse una propuesta de TMP.

En general, la propuesta híbrida de teoría y simulación de Goldman (2006) es insatisfactoria porque el aspecto simulacional se desarrolla en detrimento del aspecto de teoría y el rol de la teoría en *mindreading* apenas se esboza. Sabemos que la teoría ayuda a la simulación, pero nada se menciona sobre algún otro rol de este aspecto en las rutinas de *mindreading*, ni respecto de qué rutinas se llevan a cabo completamente por teoría, sino apenas se menciona su posibilidad. En particular, en la relación de independencia, teoría y simulación pueden considerarse procesos suficientes para producir la competencia, aunque con ciertas limitaciones, mientras que en la relación de cooperación teoría y simulación resultan sub-competencias y como tales no resultan suficientes para producir *mindreading*. En este sentido, la propuesta híbrida de teoría y simulación de Goldman (2006) no puede considerarse una TMP.

5. La propuesta de dos tipos de simulación subyacentes a *mindreading*

A su vez, Goldman (2006) postula dos procesos simulacionales subyacentes a la capacidad de *mindreading*. Siguiendo las caracterizaciones de CC y de proceso cognitivo de Machery (2009), *mindreading* puede caracterizarse como “atribución de estados mentales” y la simulación puede considerarse un modo de producir atribuciones de estados mentales. No obstante, no queda claro que la SNI y la SNS puedan considerarse procesos distintos puesto que ambas son procesos simulacionales. Sólo en una caracterización donde SNI y SNS constituyan distintos tipos de procesos, puede cumplirse la característica de las TMP de postular de más de un proceso subyacente a *mindreading*. En principio, hay razones para considerar a la SNS y SIN procesos distintos en base a lo que Goldman (2006) considera como sus prototipos, a saber, la imaginación enactiva y los procesos espejo respectivamente. Sin embargo, aun concediendo que la SNS y la SNI sean distintos tipos de procesos simulacionales, esto no parece ser suficiente para que la propuesta de doble proceso simulacional subyacente a *mindreading* pueda considerarse un caso de TMP, en virtud del tipo de relación que se establece entre procesos en las TMP, como intentaré mostrar a continuación.

Machery (2009) considera que las teorías de doble proceso (TDP) usuales en ciencia cognitiva son un caso de TMP y que la propuesta para el pensamiento moral de Greene & Haidt (2002) constituye un ejemplo de TDP. Si bien las teorías de doble proceso son usuales en ciencia cognitiva, siendo la evidencia contundente particularmente para el caso del razonamiento y la toma de decisiones, aún resulta controversial sostener que hay un conjunto de propiedades comunes a todas las propuestas de teorías de doble proceso. Sin embargo, de manera general puede asumirse que éstas se caracterizan por postular un proceso rápido e intuitivo y, a la vez, uno lento y deliberativo como subyacentes una misma CC (Evans & Stanovich 2013). En principio, la SNI y la SNS concuerdan con estas características. Se asume que la SNI es automática y primitiva y en este sentido puede considerarse concordante con el proceso rápido e intuitivo (S1) de los sistemas de proceso doble. Por su parte, se asume que algunos aspectos de proceso de la SNS son accesibles a la conciencia y están sujetos al control voluntario, y en este sentido puede considerarse concordante con el proceso deliberativo (S2) de los sistemas de proceso doble.

Sin embargo, la propuesta de Goldman (2006) tiene otra característica que, a mi entender, impide que se la pueda considerar una teoría de doble proceso (TDP) y, en este sentido, tampoco puede cumplir con los requisitos de una TMP. Como he señalado, la TDP que Machery (2009) tiene en mente es la del razonamiento moral (Greene & Haidt, 2002), según la cual el pensamiento moral humano no es producto de un tipo de proceso sino de una interacción compleja entre dos tipos de procesos suficientes para producir la CC: respuestas emocionales-sociales de dominio específico y procesos de razonamiento de dominio general aplicados a contextos morales (Greene & Haidt, 2002). Según esta propuesta teórica, si uno de los procesos estuviera dañado aún podríamos llevar a cabo razonamientos morales, aunque con un perfil de desempeño diferente del que surgiría de poseer los dos tipos de proceso intactos.

Sin embargo, la propuesta de Goldman (2006) no es del todo equiparable en este respecto al ejemplo de TDP, porque parece proponer una división de trabajo entre la SNI y la SNS en lugar de una “interacción compleja” o colaboración entre procesos cognitivos.

Según Goldman (2006), la SNI subyace a las atribuciones de emociones, sensaciones e intenciones motoras, mientras que la SNS subyace a las atribuciones de AP. De modo que supongamos, por ejemplo, que se dañara la SNI. Puesto que parece existir una división de tareas entre los tipos de simulaciones, *no podríamos realizar más atribuciones de emociones* porque la SNS, que es el proceso que ha quedado intacto, subyace a las atribuciones de AP y no de emociones. En cierto sentido esto implica “un cambio en el perfil de desempeño” de la capacidad de *mindreading*. Si bien ya no podemos atribuir emociones, aún podemos atribuir todos aquellos estados mentales cuya atribución está mediada por la SNS. Ahora bien, no creo que los defensores de las TDP tengan en mente un “perfil de desempeño” de este tipo sino otro relevantemente distinto. Según las TDP, si fallara uno de los dos procesos *aún podríamos realizar atribuciones de emociones* aunque con un perfil diferente, así como en el caso de Grenne & Haidt (2002) cuando falla uno de los procesos aún se pueden llevar a cabo juicios morales. A diferencia de lo que parece implicar la propuesta de Goldman (2006), el perfil de desempeño que, a mi entender, está asociado a las TMP cuando uno de los procesos está dañado, no implicaría la incapacidad de atribuir emociones sino una capacidad de atribuir emociones deficitaria en algún sentido, pero no por esto nula. Quizás, se trata apenas de un perfil de atribución más rudimentario, y en este sentido limitado, en comparación con el perfil que surge de la capacidad cognitiva intacta.

En la medida en que la SNS y la SNI pueden considerarse procesos distintos, la propuesta de doble proceso simulacional de Goldman (2006) postula más de un proceso cognitivo subyacente a la capacidad de *mindreading* y, en este sentido, concuerda con las TMP aunque superficialmente. He intentado mostrar que la propuesta de doble proceso simulacional para *mindreading* no puede considerarse una TMP. Particularmente, porque ésta propone una división de tareas entre los distintos procesos subyacentes, mientras que las TMP típicamente postulan una interacción compleja entre los procesos cognitivos suficientes para producir una CC.

6. Conclusión

Los enfoques híbridos de teoría y simulación no son suficientemente descriptivos respecto de la relación de hibridación que se postula entre los procesos subyacentes a *mindreading*. El objetivo principal de este trabajo es evaluar si la relación de hibridación postulada para los procesos subyacentes a *mindreading* en Goldman (2006) puede entenderse como una TMP, una propuesta habitual en ciencia cognitiva (Machery, 2009). Esta evaluación ha intentado mostrar que el enfoque híbrido de teoría y simulación propuesto por Goldman (2006) no puede equipararse con una TMP a pesar de postular múltiples procesos subyacentes a *mindreading*. Sin embargo, quizás esto se deba a que la propuesta híbrida de teoría y simulación no está suficientemente descrita. En principio, nada impide la posibilidad de un planteo de tipo TMP,

es más, considero que postular un enfoque híbrido de teoría y simulación en términos de TMP constituiría una ventaja explicativa. Esto permitiría formular claramente hipótesis para poner a prueba distintos aspectos de una relación de hibridación entre procesos. A su vez, la descripción de las TMP tal como las presenta Machery (2009) sugiere una posible guía para lograr mayor precisión en la descripción de los enfoques teóricos que postulan varios procesos subyacentes a una misma capacidad cognitiva y, en este sentido, la evaluación llevada a cabo sugiere qué aspectos de la propuesta de Goldman (2006) sería necesario precisar particularmente para avanzar en el estudio de *mindreading* como una capacidad cognitiva.

Notas

1. A menudo, *mindreading* se lleva a cabo teniendo como punto de partida un comportamiento con el propósito de conocer los estados mentales que le dieron lugar. Particularmente, este es el caso de las explicaciones del comportamiento basadas en términos mentalistas. Para dar cuenta de este tipo de atribuciones, el enfoque simulacional propone la estrategia de “generación y testeó”, según la cual es posible recurrir a generalizaciones sobre las creencias y los deseos que las personas suelen tener en determinadas circunstancias para generar hipótesis sobre estados mentales que pueden dar lugar a la conducta de interés y que, luego, se pondrán a prueba mediante la simulación. En este contexto, si el *output* de la simulación coincide con la acción de la persona observada, la adscripción es aceptada. Si no, se asume que el proceso se repite hasta encontrar la coincidencia.
2. El hallazgo de las neuronas espejo resultó llamativo porque la corteza premotora ventral, donde se hallaron originalmente las NE en los monos macacos, era conocida por su rol en la planificación de la acción pero no se le conocía rol visual alguno (Gallese *et al.*, 1996; Rizzolatti *et al.*, 1996). Numerosos estudios, principalmente de neuroimagen, han mostrado la presencia de un sistema similar en los seres humanos (Rizzolatti, Fogassi & Gallese, 2001; Rizzolatti & Craighero, 2004).
3. Para Goldman, la imaginación enactiva no sólo abarca *mindreading* sino otras tareas cognitivas como la imaginación visual y motora (Goldman, 2006: 147).

Bibliografía

- Evans, J. St. & Stanovich, K. E. (2013). Dual-Process Theories of Higher Cognition: Advancing the Debate. *Perspectives on Psychological Science*, 8 (3), 223-241.
- Fadiga, L., Fogassi, L., Pavesi, G. & Rizzolatti, G. (1995). Motor Facilitation during Action Observation: A Magnetic Stimulation Study. *Journal of Neurophysiology*, 73, 2608-2611.
- Gallese, V. Fadiga, L., Fogassi, L. & Rizzolatti, G. (1996). Action Recognition in the Premotor Cortex. *Brain*, 119, 593-609.
- Goldman, A. (1995a). Interpretation Psychologized. En M. Davies & T. Stone (Eds.), *Folk Psychology. The Theory of Mind Debate* (pp. 60-73), Oxford: Blackwell.
- Goldman, A. (2006). *Simulating Minds: The Philosophy, Psychology, and Neuroscience of Mindreading*. Oxford: Oxford University Press.

- Gordon, R. (1995a). Folk Psychology as Simulation". En T. Stone & M. Davies (Eds.), *Folk Psychology. The Theory of Mind Debate* (pp. 100-122). Oxford: Blackwell.
- Greene, J. D. & Haidt J. (2002). How and Where does Moral Judgment Work?. *Trends in Cognitive Science*, 6, 517-523.
- Heal, J. (1995a). Replication and Functionalism. En M. Davies & T. Stone (Eds.), *Folk Psychology. Readings in Mind & Language* (pp. 45-59). Oxford: Blackwell.
- Jackson, P.L., Meltzoff, A., & Decety, J. (2004). How do we perceive the pain of others? A window into the neural processes involved in empathy. *NeuroImage*, 24, 771-779.
- Machery, E. (2009). *Doing without concepts*. Oxford: University Press.
- Nichols, S. & Stich, S. (2003). *Mindreading: An Integrated Account of Pretence, Self-Awareness, and Understanding of Other Minds.*, Oxford: Oxford University Press.
- Rizzolatti, G., Arbib, M.A., Fadiga, L. & Rizzolatti, G. (1996). Localization of Grasp Representations in Humans by PET: I. Observation versus Execution. *Experimental Brain Research*, 111, 246-252.
- Rizzolatti, G., Fogassi, L. & Gallese, V. (2001). Neurophysiological Mechanisms Underlying the Understanding and Imitation of Action. *Nature Neuroscience Reviews*, 2, 661-670.
- Rizzolatti, G. & Craighero, L. (2004). The Mirror Neuron System. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 169-192.
- Stich, S. (1992). Folk Psychology: Simulation or Tacit Theory?. *Mind & Language*, 7 (1-2), 35-71.
- Stich, S. & Nichols, S. (1995). Second Thoughts on Simulation. En Davies M. & Stone, T. (Eds.), *Mental Simulation: evaluations and applications* (pp. 87-108). Oxford: Blackwell.
- Stich, S. & Nichols, S. (1996). How Do Minds Understand Minds? Mental Simulation Versus Tacit Theory. En Stich S. (Ed.), *Deconstructing the Mind*. Oxford: Oxford University Press.
- Stich, S. & Nichols, S. (1997). Cognitive Penetrability, Rationality and Restricted Simulation. *Mind & Language*, 12, 297-326.
- Wicker, B., Keysers, C., Plailly, J., Royet, J.P., Gallese, V. & Rizzolatti, G. (2003). Both of Us Disgusted in my Insula: The Common Neural Basis of Seeing and Feeling Disgust. *Neuron*, 40, 655-664.

Epistemología de las neurociencias cognitivas: Una mirada metafilosófica

*A. Nicolás Venturelli**

Durante por lo menos los últimos quince años la reflexión filosófica en torno de las ciencias cognitivas y, especialmente, de las neurociencias cognitivas ha experimentado un crecimiento notable. En el presente trabajo defiendo la idea de que este crecimiento ha redundado en lo que hoy puede describirse como un área de estudio epistemológico con un perfil metafilosófico claro, delimitado dentro del abordaje y la metodología de trabajo en la tradición de la filosofía de la ciencia. Mi objetivo aquí es modesto: Mostrar cuáles son los principales aspectos metafilosóficos de este desarrollo e ilustrar esta área de estudio a través de ejemplos extraídos de la epistemología de la experimentación neurocientífica.

La estructura del trabajo es la siguiente. En primer lugar, hago una breve caracterización de la filosofía cercana a las ciencias cognitivas tal como se desprendió del propio nacimiento de este proyecto científico. En un segundo momento, muestro en qué sentido puede hablarse de un distanciamiento respecto de aquel movimiento inicial en una vertiente de trabajo realizado más recientemente por un grupo de filósofos. Centrándome ya en el caso de las neurociencias cognitivas, delimito luego un conjunto de problemas relevantes a partir de dos criterios: Problemas propios de la tradición en filosofía general de la ciencia aplicados a este campo y problemas epistemológicos que se generan como resultado de avances recientes o de rasgos idiosincráticos en las neurociencias cognitivas. Dentro de este segundo grupo de problemas, hago finalmente foco sobre el caso de la experimentación en las neurociencias cognitivas centradas en el uso de neuroimágenes funcionales.

A continuación intento mostrar cómo la historia reciente de la filosofía de las ciencias cognitivas se vio marcada por su desarrollo y consolidación como un área de trabajo dentro de la filosofía especial de la ciencia. Esta mirada es relevante en la medida en que la epistemología de las ciencias cognitivas, como el mismo ámbito disciplinar sobre el que versa, sigue siendo un área muy joven de la filosofía de la ciencia, que se ha visto impulsada por el notable crecimiento de las neurociencias cognitivas a partir de mediados de los años '90. En este sentido, sufre de la inexperiencia típica de los campos en los que no hay una tradición fuerte que pueda servir como parámetro en lo que hace al estilo de trabajo, los tipos de abordajes asentados, las problemáticas genuinas y el alcance de los aportes que pueden obtenerse. Otra razón de por qué este relato histórico y metafilosófico es apremiante tiene que ver con lo que aquí voy a sostener, esto es, la existencia de un viraje en la filosofía de las ciencias cognitivas de los últimos quince años: Un viraje por el que las problemáticas centrales del área fueron cambiando y su abordaje característico se fue consolidando.

* Universidad Nacional de Córdoba, CONICET

Si quisiéramos tomar un punto de partida en la línea histórica que intento delimitar podría tomarse la producción intelectual del conjunto de filósofos estrechamente asociados a la llamada revolución cognitiva de los años '60. Algunos de los protagonistas más representativos fueron Jerry Fodor, Hilary Putnam, Daniel Dennett y Paul Churchland, sólo para mencionar algunos pocos. Más allá de desarrollar posiciones como el funcionalismo –que históricamente se vio asociado al planteamiento multidisciplinar original de las ciencias cognitivas e incluso también como parte de sus cimientos teóricos– y otros resultados en filosofía de la mente, lo que me interesa destacar es la atención por parte de estos y otros filósofos sobre el trabajo científico que venía llevándose adelante. Esta atención funcionó tanto a modo de fuente o disparador para la reflexión filosófica como también brindando un espacio de interacción fructífera con los mismos científicos.

Esta actitud hacia el trabajo empírico del momento no era sin embargo un rasgo distintivo de la comunidad de filósofos cercanos a las nacientes ciencias cognitivas y, aun en los casos mencionados, el recurso a dicho trabajo revestía un peso menor. En particular, no se lo concebía como el objeto central del estudio filosófico y alimentaba más bien variantes de una filosofía “naturalizada” de la mente. De hecho, si nos ubicamos históricamente en el marco de los planteamientos inaugurales del proyecto de las ciencias cognitivas, buena parte de los aportes filosóficos de las últimas décadas del siglo pasado se enmarcan dentro del esquema del conocido hexágono de las ciencias cognitivas.

Aunque fue originalmente presentado en un informe no publicado de la Fundación Sloan en 1978, el “hexágono cognitivo” fue popularizado unos años más tarde por Howard Gardner en su trabajo histórico sobre las ciencias cognitivas (Gardner, 1988) –y aún el texto más difundido sobre la historia del campo– y recordado recientemente por uno de sus portavoces, el psicólogo George Miller (2003). El hexágono fundamentalmente encierra la idea de una filosofía trabajando a la par de las demás disciplinas partícipes de aquel proyecto interdisciplinario. La filosofía era de este modo entendida como una disciplina más, como parte integrante de las ciencias cognitivas. En particular, el estilo de trabajo típico de la tradición analítica en filosofía podía ser aplicado a los problemas conceptuales en el seno de los productos científicos obtenidos por las demás disciplinas y de las principales líneas de investigación existentes. Se trataba en definitiva de la filosofía entendida como una ciencia cognitiva teórica, operando tanto a través del desarrollo de hipótesis de búsqueda o también como abordaje integrador de un conjunto de líneas de trabajo empírico.

Este modo de trabajo filosófico ha sido muy prolífico y diverso, a la vez que ha producido grandes debates entre filósofos y científicos de diferentes disciplinas. Entre los problemas clásicos podemos mencionar el problema del formato de las representaciones internas, la arquitectura cognitiva y el alcance del modularismo, como problemáticas conceptuales de base para el edificio teórico de las ciencias cognitivas, así como otros temas centrales como la cuestión del papel de las neurociencias, la plausibilidad de una teoría general cognición o el peso de las consideraciones evolutivas en una teoría de los procesos cognitivos. Si bien, como

es habitual, persistió cierta falta de consenso entre los filósofos en el modo de concebir su propio aporte así como también una diversidad de problemáticas filosóficas y contribuciones dispares a las ciencias cognitivas, creo que puede encontrarse cierta unidad en este sector de la filosofía atado al nacimiento y desarrollo de este proyecto interdisciplinario en esta idea de una contribución más o menos directa al trabajo científico, delimitada por el carácter siempre general y conceptual de los problemas tratados.

Es pertinente mencionar algunos intentos de explicitar la cuestión metafilosófica asociada al sector, que hasta fines de los años '90 había sido poco discutida. En particular, algunos de ellos logran describir el perfil metodológico y el rol que se tomó frente a las disciplinas científicas relevantes. Recientemente, Brook (2009) traza una distinción justamente en la línea que he estado siguiendo: La distinción entre una filosofía en las ciencias cognitivas (o también "filosofía cognitiva") y una filosofía de las ciencias cognitivas. Aunque más adelante aclararé en qué sentido me distancio de su caracterización de la segunda, la idea de una filosofía en las ciencias cognitivas captura aproximadamente aquella que estuve desarrollando hasta aquí, y que creo es atribuible al grueso del trabajo filosófico en torno de las ciencias cognitivas en el siglo XX: Variantes de la filosofía de la mente y del lenguaje, en las que el análisis conceptual, la ponderación de intuiciones y experimentos mentales son protagonistas, y que a la vez son alimentadas por resultados empíricos e interpretaciones de sus alcances.

El trabajo de van Gelder (1998) asume esta posición de la filosofía como parte integrante de aquel proyecto interdisciplinario y caracteriza los métodos que utiliza el filósofo – argumentación, análisis conceptual y perspectiva histórica– así como un número de papeles o roles que desempeña frente a las ciencias cognitivas. Más allá de que se trata de un esfuerzo ilustrativo, comprende algunos de los principales aportes filosóficos de la segunda mitad del siglo pasado dentro del sector delimitado, y en este sentido complementa el aporte de Brook.

Van Gelder despliega un abanico de roles filosóficos que luego ejemplifica. Algunos de los principales roles, que aquí ejemplifico a través de la generosa obra de Jerry Fodor, son: El pionero, que comienza a tratar ciertos problemas ante la falta de herramientas para abordarlos y con el fin de convertirlos en preguntas científicamente tratables (*La Modularidad de la Mente* de 1983); el inspector de construcción, que identifica, evalúa y revisa las asunciones teóricas y metodológicas detrás de las diferentes disciplinas (el conocido artículo "El solipsismo metodológico considerado como una estrategia de investigación en la psicología cognitiva" [*Methodological solipsism considered as a research strategy in cognitive psychology*] (1980)); el cartógrafo, que produce mapas conceptuales generales de una disciplina o algún sector y sus relaciones con otras disciplinas (*El Lenguaje del Pensamiento* de 1975); y finalmente los roles de porrista y de tábano, esto es, del filósofo o bien como divulgador, portavoz o defensor de alguna línea empírica de trabajo (nuevamente, el trabajo de 1975) o bien como crítico de alguna línea empírica de trabajo (la famosa crítica al conexionismo en el artículo en colaboración con Pylyshyn de 1988).

Ciertamente, la filosofía de las ciencias cognitivas y de las neurociencias que se hace actualmente es en parte heredera de esta tradición, si bien presenta por otro lado un perfil muy diferente, como intentaré mostrar a continuación. En general puede hablarse de una herencia híbrida que aún es visible hoy. Sólo recientemente, un número creciente de filósofos ha comenzado a entender de modo explícito su propio trabajo como una reflexión epistemológica sobre la actividad científico-cognitiva. En este sentido, se han visto también como herederos del derrotero que la filosofía de la ciencia ha seguido en la dirección de las ciencias especiales (ver, por ejemplo, Bechtel & Herschbach, 2009). El carácter híbrido al que aludo tiene también que ver con la interacción vigente entre estilos de trabajos pertenecientes a una y otra tradición, así como el número de programas de posgrado, congresos y revistas que se asumen como indefinidos en este respecto. Un ejemplo de esto es el índice inclusivo del *Oxford Handbook of the Philosophy of Cognitive Science* (Samuels, Margolis & Stich, 2012).

Ahora, el punto que me interesa subrayar es que, a partir del cambio de siglo, puede identificarse de modo más claro un tránsito del tratamiento de problemas filosóficos asociados a la investigación en las ciencias cognitivas desde la perspectiva de la filosofía de la mente hasta su tratamiento desde la óptica de la filosofía de la ciencia. Dicho de otro modo, un conjunto importante de debates epistemológicos recientes puede verse como delimitando de modo nítido un área de trabajo dentro de la filosofía especial de la ciencia. La creciente atención que han atraído las neurociencias cognitivas en este mismo período ha jugado un rol no menor en este proceso. Sin embargo, lo destacable desde un punto de vista metafilosófico es que dicho proceso es en cierta medida fruto de, y establece una continuidad con, la evolución de la filosofía de las ciencias en el siglo XX, marcada a grandes rasgos por un cuidado por la elevada especialización de las disciplinas científicas y por la complejidad de sus prácticas.

En línea con lo anterior, la principal dificultad que se presenta para el particular caso de las ciencias cognitivas y especialmente de las neurociencias cognitivas, con sus poco más de veinte años, es el problema de elaborar una filosofía de la ciencia en áreas muy jóvenes de la actividad científica. Entiendo que el desarrollo considerable de los debates y los resultados obtenidos hasta el momento tiene que ver fundamentalmente con un foco en los procesos de elaboración de los diferentes tipos de productos científicos, como por ejemplo la utilización de aparatos matemáticos en la construcción de diversos tipos de modelos teóricos (Ross, 2015), el recurso a diferentes métodos comportamentales para el estudio de la actividad del cerebro (Glennan, 2005), el alcance del estudio a gran escala de las dinámicas neuronales (Silberstein & Chemero, 2013), el rol de las simulaciones computacionales (Pompe, 2013), la adopción de técnicas de neuroimagen funcional (punto que exploro más adelante), acercamientos neurocientíficos a datos psicológicos (Mole & Klein, 2010), la elaboración de diseños experimentales (Sullivan, 2009), el estatus de los modelos animales (Atanasova, 2015), entre otros.

Este aspecto del abordaje, que ilustraré más adelante con el caso de la experimentación asentada sobre técnicas de neuroimagen funcional, es crucial. Puede afirmarse que lo ubica históricamente en el derrotero que ha tenido la filosofía de las ciencias especiales y lo aleja

de este modo de la tradición de la teoría del conocimiento y la filosofía de la mente del siglo XX. Lo aleja además del tipo de argumentos que por ejemplo da Dennett (cfr., 2009: 232) para reforzar la idea de que la presencia de la filosofía en las ciencias cognitivas se debe a la inmadurez de estas últimas. Aquí se trata más bien de la idea contraria, esto es, de que es posible hacer buen trabajo epistemológico sobre algunos sectores del campo justamente debido al grado de desarrollo que han experimentado, y, cabe agregar, que a la vez este desarrollo ha sido tan masivo y acelerado que esta reflexión se hace más y más apremiante.

No quiero dar a entender que estos debates epistemológicos recientes fueron o son de algún modo inéditos ni tampoco que vengan a reemplazar la que denominé filosofía como ciencia cognitiva teórica, sino más bien que con ellos se fue delineando más claramente un abordaje específico nutrido por una comunidad más o menos compacta de filósofos¹. Hay tres indicadores de esta tendencia: Algunos manifiestos programáticos y denuncias metafilosóficas que intentaron explicitar sus lineamientos centrales, el número de trabajos publicados que reflejan este tipo característico de producción filosófica y el tipo de revistas que comenzaron a incorporarlos como parte de sus líneas editoriales.

Respecto del primer punto, cabe mencionar el artículo de Chemero y Silberstein (2008) en el que se decretaba el momento adecuado para un quiebre metafilosófico con el provocativo título de “Después de la filosofía de la mente” [*After the philosophy of mind*] y el artículo de Bechtel (2009), “Construyendo una filosofía de la ciencia para la ciencia cognitiva” [*Constructing a philosophy of science of cognitive science*], que es uno de varios ejemplos del tratamiento programático del tema centrado en el problema de la explicación científica (sobre este punto me detengo más adelante).

Por otra parte, la consolidación de un abordaje epistemológico, en la tradición de la filosofía de la ciencia, y que toma a diferentes aspectos de la ciencia de interés como objeto de estudio puede notarse en el caudal de trabajos con un perfil semejante publicados en los últimos quince años. Podemos mencionar aquí como un desarrollo representativo el número de manuales y trabajos colectivos publicados en los últimos años: *Philosophy and the Neurosciences* editado por William Bechtel y colaboradores en 2001, *Theory and Method in the Neurosciences* editado por Machamer, Grush y McLaughlin en el mismo año, *Philosophy of Psychology and Cognitive Science* editado por Paul Thagard en 2007 o *The Oxford Handbook of Philosophy and Neuroscience* editado por John Bickle en 2013. Además, un aspecto relevante de esta tendencia es una mayor presencia de trabajos, especialmente en filosofía de las neurociencias cognitivas, en las principales revistas tradicionales de filosofía de ciencia, como *The British Journal for the Philosophy of Science*, *Philosophy of Science*, *Synthese* o *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Science*.

Vale la pena distinguir entre el tipo de abordaje epistemológico que identifico aquí con otras vertientes de trabajo como por ejemplo la neurofilosofía de Patricia Churchland, dedicada a la consideración de resultados neurocientíficos a los fines de iluminar problemas filosóficos tradicionales propios de la ética o la teoría del conocimiento por ejemplo, la filosofía

experimental, que propone la ejecución de experimentos para poner a prueba hipótesis e intuiciones filosóficas, o las variantes cognitivistas en filosofía de la ciencia, como por ejemplo la propuesta de Ronald Giere desde la concepción semántica de las teorías. Es importante también marcar la distancia respecto de la idea ya considerada de una filosofía de las ciencias cognitivas tal como es entendida por Brook (2009). Esto se debe a dos razones principales, que considero a continuación.

Por un lado, Brook concibe a este tipo de trabajo como un ejercicio fundamentalmente normativo (cfr., Brook, 2009: 226). Un aporte semejante es sin embargo poco adecuado de cara a las disciplinas jóvenes y heterogéneas que componen las ciencias cognitivas, y en las que se perfila como imperioso un aporte descriptivo, de ordenamiento del campo, y dirigido a la comprensión, desde una perspectiva epistemológica, de los diferentes aspectos que componen la compleja trama de sus prácticas científicas. Un foco sobre lo normativo recuerda además los viejos roles del filósofo como porrista y como tábano destacados por van Gelder, que entiendo como característicos de la filosofía concebida como ciencia cognitiva teórica. Sobre la cuestión de este particular aporte normativo, Ross (1996) muestra algunos de los peligros en los que puede incurrir el filósofo que, de algún modo, se pone en la posición de juez (verdugo o mecenas) del científico, centrándose en el riesgo de deslegitimar alguna línea específica de investigación.

Por otro lado, existe un serio problema, no tomado en cuenta por Brook, respecto de la delimitación de algún sector de las ciencias cognitivas como campo científico homogéneo, sobre el que pueda hacerse un trabajo epistemológico informado. En particular, la plausibilidad del aludido foco sobre las prácticas científicas no se condice con la consideración de un ámbito desmesurado de la actividad científica, y de una enorme variedad y fragmentación metodológica y relativa a sus dominios y líneas de investigación, como ciertamente lo son las ciencias cognitivas consideradas globalmente. En la medida en que el objeto de la reflexión filosófica son las ciencias cognitivas, se ha tendido a restringir el foco sobre algunas de las disciplinas, en la gran mayoría de los casos sobre vertientes de la psicología cognitiva y de las neurociencias cognitivas, y, aun más, sobre algún sector delimitado dentro de ellas, como en breve ilustraré con un ejemplo representativo extraído de la filosofía de las neurociencias cognitivas. Los abordajes a partir de estudios de caso también son parte de esta tendencia: Un ejemplo recurrente es el modelo Hodgkin-Huxley del potencial de acción tomado más veces como foco de análisis (por ejemplo, Craver, 2008, Weber, 2008, Levy, 2014, entre otros).

A modo de herramienta para abordar la epistemología de las neurociencias cognitivas tal como la estuve presentando aquí propongo una distinción entre dos grupos de problemas filosóficos que a grandes rasgos abarcan temáticamente todo el campo: Por un lado, problemas epistemológicos que son fruto de la aplicación de debates propios de la tradición en filosofía general de la ciencia al joven campo de las neurociencias cognitivas y, por otro lado, problemas epistemológicos que han sido suscitados o se ven alimentados por avances recientes en las neurociencias cognitivas. Cabe aclarar que no se trata de términos excluyentes, sino que ayudan a comprender la naturaleza del aporte realizado en el área.

Dentro del primer grupo de problemas, puede mencionarse el tratamiento de la historia de la disciplina en términos de su dinámica de cambio teórico, la problemática de la explicación neurocientífica, el tema relacionado del papel que allí juegan los abordajes reduccionistas y la cuestión de la estructura de las teorías y su relación con los modelos científicos. Aquí el campo ha sido y sigue siendo fuertemente dominado por el problema de la explicación científica. Este punto merece una mención especial ya que la evolución y el auge del tema, y en particular el caso de la llamada explicación mecanicista como solución al mismo, no tiene precedentes. Como dato elocuente, el artículo de Machamer, Darden y Craver del año 2000 fue el más citado en *Philosophy of Science* por el período que va de 2003 a 2010. Este artículo dio el puntapié inicial de lo que incluso algunos llaman la “nueva filosofía mecanicista” en la reflexión filosófica sobre la ciencia. Si bien el papel de la explicación dentro del desarrollo del movimiento delimitado es indudable, existen aspectos negativos del alcance de su influencia sobre el resto de la problematización filosófica en torno de las neurociencias cognitivas (ver Venturelli, 2015b).

Dentro del segundo grupo de problemas, puede mencionarse el rol de los modelos teóricos de dinámicas a gran escala en el cerebro, el estatus de las neuroimágenes como evidencia científica, el particular carácter interdisciplinario que exhibe el campo, la validación de modelos animales, el alcance de los abordajes desde la complejidad, las heurísticas detrás de los diseños experimentales y de la selección de los abordajes analíticos para los datos experimentales, entre otros. Bajo fines ilustrativos, paso a describir algunos aportes recientes al problema de caracterizar el tipo de evidencia obtenido a través de técnicas de neuroimagen funcional, como un ejemplo de este segundo grupo de problemas en la creciente área de la epistemología de la experimentación neurocientífica.

En los últimos años, hubo diversos acercamientos filosóficos a las neuroimágenes funcionales, la mayoría de los cuales apuntaron a definir o evaluar su estatus epistémico como evidencia para las neurociencias cognitivas. Estas técnicas brindan la posibilidad de estudiar el comportamiento de cerebros humanos, vivos y en actividad. Hay dos aspectos básicos a considerar en el uso de neuroimágenes funcionales: Por un lado, la detección del mecanismo responsable del cambio en el flujo sanguíneo en el cerebro y, por otro lado, la interpretación en términos cognitivos de la actividad neuronal en función de alguna tarea desempeñada por un sujeto experimental. Inauguradas hacia mediados de los años '90 y con un crecimiento exponencial desde entonces, las neuroimágenes funcionales constituyen un caso resonante del destacado carácter novedoso de las neurociencias cognitivas, el tipo distintivo de experimentación con sujetos humanos que inauguraron y, más aun, de la reflexión filosófica asociada.

El abordaje llevado adelante por Bechtel y colaboradores (Bechtel, 2000, Bechtel & Stufflebeam, 2001, Bechtel & Richardson, 2010, Bechtel, en prensa), por ejemplo, es un caso de aporte netamente descriptivo. El desarrollo de la investigación experimental en las neurociencias cognitivas ha sido, a la vez de contundente, ampliamente heterogéneo, y las neuroimágenes funcionales han colaborado con esta diversidad (técnicas como la tomografía por emisión de positrones, la resonancia magnética funcional o la espectroscopía por luz cercana

al infrarrojo). Bechtel en este sentido ha intentado dar una descripción no técnica orientada a la identificación de rasgos generales de los modos de exploración del cerebro comunes en varios sectores de las neurociencias cognitivas y las relaciones entre ellos.

Este abordaje diverge de un aporte crítico común, que intenta cuestionar el alcance y estatus epistémico de las neuroimágenes funcionales, en particular como reacción a la recepción entusiasta que tuvieron y el uso muy difundido y a veces poco cuidadoso que de ellas se hace. Esto ha sido especialmente así en el contexto de programas localizacionistas, que a grandes rasgos trabajan bajo la hipótesis de una correlación directa entre operaciones cognitivas específicas y áreas corticales delimitadas que las instancian. Posicionamientos críticos sobre estas líneas han sido desarrollados tanto con respecto al diseño de los experimentos centrados en las neuroimágenes como respecto de la interpretación de los resultados experimentales obtenidos (por ejemplo, Hardcastle & Stewart, 2002, Uttal, 2003, Stewart & Hardcastle, 2005, Roskies, 2007, Mole et al., 2007).

También puede distinguirse un aporte más propiamente epistemológico que ha llevado adelante James Bogen (2001, 2002). Se trata en este caso de una caracterización y evaluación filosófica del tipo de evidencia obtenida a través de las neuroimágenes funcionales con un objetivo de tipo cauteloso. En particular, Bogen (2002) plantea la imposibilidad de aplicar al caso de interés la propuesta de Deborah Mayo para el tratamiento estadístico del error y las ideas de James Woodward sobre la confiabilidad basada en la dependencia contrafáctica. El punto sobre el que hace hincapié el autor es la descripción del carácter fuertemente indirecto de la obtención de las neuroimágenes y el número de los supuestos, necesarios para dicha obtención, sobre los que no se tiene conocimiento ni vías independientes para su contrastación.

Finalmente, existen otros tratamientos más netamente basados en una caracterización de las diferentes prácticas que subyacen a la experimentación con técnicas de neuroimagen funcional. Una contribución en esta dirección, si bien no centrada en el caso de las neuroimágenes, es el trabajo de Sullivan (2009), quien explícitamente y de modo crítico señala la necesidad de un mayor foco sobre las prácticas experimentales en las neurociencias. Para volver al ejemplo que estoy desplegando, el caso de Klein (2010) es un intento de dirigir el foco del escepticismo sobre la resonancia magnética funcional hacia las pruebas de significación estadística utilizadas para la producción de las neuroimágenes. La intención del autor es mostrar que el análisis sobre los datos obtenidos va más allá de la contribución que esas imágenes tienen para poner a prueba hipótesis funcionales –esto es, hipótesis sobre el rol de un área cerebral para el desempeño de alguna tarea– sobre la base de la activación diferencial entre estados de actividad y de inactividad de un sujeto experimental.

Un último aporte dentro de este tipo de acercamientos al problema es Venturelli (2015a), en el que se recorren los diferentes roles que desempeñan ciertos tipos de modelos en el seno de algunos abordajes de integración neurocientífica en estudios con neuroimágenes. Se hace específicamente foco sobre intentos recientes para integrar aspectos metodológicos –como el registro simultáneo o el análisis estadístico conjunto de los datos– de dos de las técnicas más

difundidas: El electroencefalograma y la resonancia magnética funcional. La exploración de esta área de la neurociencia experimental se realiza bajo el objetivo de resaltar la importancia y aplicabilidad de la noción de integración científica para examinar interacciones complejas entre diferentes prácticas en las neurociencias cognitivas actuales, en particular entre la elaboración de modelos y las estrategias seguidas para cimentar abordajes experimentales.

En el trabajo he caracterizado una transición en la reflexión filosófica asociada a las ciencias cognitivas y en particular a las neurociencias cognitivas, que puede observarse en los últimos quince años en la literatura. Esta transición tiene que ver con el desprendimiento de una herencia híbrida entre la filosofía tradicional de la mente y de la ciencia hacia un abordaje epistemológico sobre los procesos y los productos científicos en ciertos sectores de las ciencias cognitivas. Cabe volver a aclarar que no se plantea una superación, el fin de un proyecto y el comienzo de otro, sino más bien la clara delimitación, la mayor visibilidad y el afianzamiento de esta particular vertiente de estudio.

Aquí intenté mostrar los aspectos que hacen al desarrollo y la consolidación de este abordaje, y el modo en que se distancia del recorrido anterior de esta área de trabajo filosófico. Este desarrollo habla más de una filosofía de las ciencias cognitivas a pesar de su relativa inmadurez y no tanto debido a esta inmadurez: Esto puede verse en la exitosa aplicación de debates tradicionales en filosofía de la ciencia, muy especialmente el de la explicación científica, y el tratamiento de problemáticas epistemológicas motivadas por aspectos idiosincráticos de las disciplinas relevantes. El recorrido sobre ejemplos extraídos de la epistemología de la experimentación en las neurociencias cognitivas, específicamente el caso de las neuroimágenes funcionales, pretendió ilustrar diversas facetas de un abordaje orientado a la caracterización rigurosa—y no centrado en este sentido en un ejercicio normativo—de las prácticas experimentales en algún sector delimitado y el subsiguiente trabajo sobre su interés epistemológico.

Notas

1. Vale la pena mencionar algunos de los actores que han estado contribuyendo al área delimitada, como por ejemplo W. Bechtel, J. Bickle, A. Chemero, C. Craver, V. Hardcastle, E. Irvine, C. Klein, A. Levy, P. Machamer, E. Machery, G. Piccinini, A. Roskies, J. Sullivan, M. Weber, D. Weiskopf, entre muchos otros, o también filósofos de la ciencia consolidados que recientemente incursionaron en el área, como los casos de J. Bogen, S. Glennan y J. Woodward.

Bibliografía

- ATANASOVA, N. (2015). Validating animal models. *Theoria* 30, 163-181.
- BECHTEL, W. (2000). From imaging to believing. En R. Creath & J. Maienschein (Eds.), *Epistemology and Biology* (pp. 138-163). Cambridge: Cambridge University Press.
- BECHTEL, W. (2009). Constructing a philosophy of science of cognitive science. *Topics in Cognitive Science* 1, 548-569.

- BECHTEL, W. (en prensa). The epistemology of evidence in cognitive neuroscience. En R. Skipper, C. Allen, R. Ankeny, C. Craver, L. Darden, G. Mikkelsen & R. Richardson (Eds.), *Philosophy and the Life Sciences: A Reader*. Cambridge: MIT Press.
- BECHTEL, W. & HERSCHBACH, M. (2010). Philosophy of the cognitive sciences. En F. Allhoff (Ed.), *Philosophies of the Sciences* (pp. 239-261). Oxford: Wiley-Blackwell.
- BECHTEL, W. & RICHARDSON, R. (2010). Neuroimaging as a tool for functionally decomposing cognitive processes. En S. Hanson & M. Bunzl, *Foundational Issues in Human Brain Mapping* (pp. 241-262). Cambridge: MIT Press.
- BECHTEL, W. & STUFFLEBEAM, R. (2001). Epistemic issues in procuring evidence about the brain. En W. Bechtel, P. Mandik, J. Mundale & R. Stufflebeam (Eds.), *Philosophy and the Neurosciences* (pp. 5-22). Oxford: Basil Blackwell.
- BOGEN, J. (2001). Functional imaging evidence. En P. Machamer, P. McLaughlin & R. Grush (Eds.), *Theory and Method in the Neurosciences* (pp. 173-199). Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- BOGEN, J. (2002). Epistemological custard pies from functional brain imaging. *Philosophy of Science* 69, 59-71.
- BROOK, A. (2009). Philosophy in and philosophy of cognitive science. *Topics in Cognitive Science* 1, 216-230.
- CHEMERO, T. & SILBERSTEIN, M. (2008). After the philosophy of mind. *Philosophy of Science*, 75, 1-27.
- CRAVER, C. (2008). Physical law and mechanistic explanation in the Hodgkin and Huxley model of the action potential. *Philosophy of Science* 75, 1022-1033.
- DENNETT, D. (2009). The part of cognitive science that is philosophy. *Topics in Cognitive Science* 1, 231-236.
- GARDNER, H. (1988). *La Nueva Ciencia de la Mente*. Barcelona: Paidós.
- GLENNAN, S. (2005). Modeling mechanisms. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 36, 443-464.
- HARDCASTLE, V. & STEWART, C. (2002). What do brain data really show? *Philosophy of Science* 69, 72-82.
- KLEIN, C. (2010). Images are not the evidence in neuroimaging. *British Journal for the Philosophy of Science* 61, 265-278.
- LEVY, A. (2014). What was Hodgkin and Huxley's achievement? *British Journal for the Philosophy of Science* 65, 469-492.
- MARGOLIS, E., SAMUELS, R. & STICH, S. (Eds.), (2012). *The Oxford Handbook of the Philosophy of Cognitive Science*. Oxford: Oxford University Press.
- MILLER, G. (2003). The cognitive revolution. *Trends in Cognitive Sciences* 7, 141-144.
- MOLE, C. & KLEIN, C. (2010). Confirmation, refutation, and the evidence of fMRI. En S. Hanson & M. Bunzl, *Foundational Issues in Human Brain Mapping* (pp. 99-111). Cambridge: MIT Press.
- MOLE, C., KUBATZKY, C., PLATE, J., WALLER, R., DOBBS, M. & NARDONE, M.

- (2007). Faces and brains. *Philosophical Psychology* 20, 197-207.
- POMPE, U. (2013). The value of computer science for brain research. En H. Andersen, D. Dieks, W. Gonzalez, T. Uebel, G. Wheeler (Eds.), *New Challenges to Philosophy of Science* (pp. 87-97). Dordrecht: Springer.
- ROSKIES, A. (2007). Are neuroimages like photographs of the brain? *Philosophy of Science* 74, 860-72.
- ROSS, D. (1996). Is cognitive science a discipline? En D. Martel Johnson & C. Erneling (Eds.), *The Future of the Cognitive Revolution* (pp. 102-108). Oxford: Oxford University Press.
- ROSS, L. (2015). Dynamical models and explanation in neuroscience. *Philosophy of Science* 82, 32-54.
- SILBERSTEIN, M. & CHEMERO, A. (2013). Constraints on localization and decomposition as explanatory strategies in the biological sciences. *Philosophy of Science* 80, 958-970.
- STEWART, C. & HARDCASTLE, V. (2005). Localization in the brain and other illusions. En A. Brook & K. Akins (Eds.), *Cognition and the Brain* (pp. 27-39). Cambridge: Cambridge University Press.
- SULLIVAN, J. (2009). The multiplicity of experimental protocols. *Synthese* 167, 511-539.
- UTTAL, W. (2001). *The New Phrenology*. Cambridge: The MIT Press.
- VAN GELDER, T. (1998). The roles of philosophy in cognitive science. *Philosophical Psychology* 11, 117-136.
- VENTURELLI, N. (2015a). Un abordaje epistemológico de la integración neurocientífica. El caso de los estudios EEG / RMf". En V. Rodríguez, M. Velasco, P. García, (Eds.), *Epistemología y Prácticas Científicas* (pp. 41-71). Córdoba: Imprenta de la Facultad de Filosofía y Humanidades (UNC).
- VENTURELLI, N. (2015b). A cautionary contribution to the philosophy of explanation in cognitive neuroscience. Manuscrito.
- WEBER, M. (2008). Causes without mechanisms. *Philosophy of Science* 75, 995-1007.

El escolasticismo en psicología: un problema sobrevaluado

*Agostina Vorano**

El escolasticismo es uno de los problemas epistemológicos más significativos de la Psicología: en el seno de esta disciplina coexisten diversas escuelas o sistemas teóricos¹ con sus correspondientes problemas, metodologías, praxiologías, etc. Éstos constituyen perspectivas marcadamente disímiles entre sí, de las cuales diversos modelos de hombre son componentes nucleares. Como bien indica Ardila (2010), los psicólogos han reflexionado larga y profundamente acerca de esta problemática.

El escolasticismo podría analizarse como un asunto privativo del tercer mundo popperiano, si se lo abordara considerándose exclusivamente la existencia en sí (*qua* entidad teórica) de los numerosos sistemas que componen la Psicología. En este plano de análisis podría argumentarse, siguiendo a autores tales como Montero (2001), que los sistemas en Psicología se estructuran en torno a modelos de hombre, en derredor de los cuales se organiza una miríada de diferencias adicionales (de carácter ontológico, epistemológico, metodológico, ético y político). Las marcadas disimilitudes existentes entre los variados modelos de hombre y entre las múltiples configuraciones que adoptan las cinco dimensiones recién mencionadas hacen a las peculiaridades de los diversos sistemas psicológicos, y permiten distinguir nítidamente unos de otros. Así, pues, parece acertado aseverar que el escolasticismo es un fenómeno genuinamente existente cuando se lo entiende como exclusivamente perteneciente al tercer mundo popperiano.

Ahora bien: el escolasticismo podría inspeccionarse no sólo en el marco del tercer mundo popperiano sino, asimismo, como una problemática que también concierne al segundo mundo. En este sentido, se trataría de un fenómeno de índole tanto epistemológica como epistémica/cognitiva. Así, desde esta perspectiva la atención recae sobre el modo en que los psicólogos, con las peculiaridades de sus sistemas de creencias, se relacionan con la gran variedad de sistemas psicológicos existentes. La condición de posibilidad del escolasticismo en el marco del segundo mundo popperiano consistiría en que el apego acrítico y dogmático a cierto sistema psicológico fuera lo suficientemente cabal como para que la conceptualización de cualquier fenómeno psicológico quedara determinada por dicho sistema.

Muchos psicólogos estiman que el escolasticismo es una amenaza para el desarrollo de la Psicología. Algunos consideran que esto es así en cuanto fenómeno tanto del tercer mundo como del segundo. Por ejemplo, éste sería el caso de Ardila (2003, 2010), quien ha supuesto que la manera idónea de combatir este problema consiste en lograr la unificación de la Psicología.

Desde una perspectiva diferente, se sostendría que el escolasticismo es deseable en el marco del tercer mundo², pero que resulta pernicioso en tanto fenómeno del segundo mundo. En otras

* Universidad Nacional de Mar del Plata

palabras, según esta postura la existencia de una pluralidad de teorías, métodos, praxiologías, etc., no sólo ocurre de hecho sino que es epistemológicamente deseable. Aquello que, en cambio, se erigiría como obstáculo para la Psicología es el modo en que los psicólogos como ciudadanos del segundo mundo se relacionarían con dicha pluralidad: adhiriendo de modo dogmático a un único sistema, rechazando el diálogo crítico con quienes investigan o ejercen su profesión desde perspectivas alternativas, y fundamentando este rechazo mediante la idea de que cualquier intento de comunicación entre quienes proceden desde sistemas diferentes estaría indefectiblemente condenado al fracaso. Las reflexiones de Vilanova (1992) en torno al escolasticismo se ajustan en buena medida a esta perspectiva. Así, por un lado este autor afirma que “Todo saber no tautológico [...] es un saber escolástico, y el científico lo es más que ningún otro. [...] La existencia de escuelas [en Psicología] no es un indicador de inmadurez sino del estado de ebullición propio de toda ciencia viva.” (p. 1315). En la frase recién citada, se aprecia que Vilanova destaca las virtudes del escolasticismo en tanto que fenómeno del tercer mundo. Pero, por otro lado, este autor remarca que en el marco del segundo mundo el escolasticismo manifestaría su carácter perjudicial, por ejemplo en el hecho de que quienes abogan dogmáticamente por determinado sistema psicológico adoptan de éste un conjunto de creencias que devienen íntimas y que tienden obstinadamente a corroborar, evitando, menospreciando o tergiversando cualquier evidencia o argumento que se les oponga (Vilanova, 2003). Otro autor cuya perspectiva se ajusta asimismo en buena medida a la postura descrita al comienzo de este párrafo es Munné (1993): más allá de las disimilitudes entre este autor y Vilanova, ambos coinciden en cuanto a la deseabilidad de la existencia de múltiples sistemas psicológicos, y comparten preocupaciones similares referidas a las cualidades que exhibe el escolasticismo como fenómeno del segundo mundo. Así, en lo que respecta al primer punto Munné sostiene que el pluralismo es la condición de posibilidad de una ciencia genuinamente crítica, y que las pretensiones de eliminar el pluralismo responden a una perjudicial inclinación imperialista. Por otro lado, en relación con el segundo punto este autor afirma que el dogmatismo acecha a los psicólogos, ya que éstos se inclinan por la “monogamia epistemológica” al estar socializados de modo tal que se representan cual deslealtad cualquier apartamiento de los “paradigmas” y “metaparadigmas”³ en cuyo seno investigan o trabajan.

Tanto en los textos de Vilanova, Munné y otros autores, como en intercambios informales entre docentes y estudiantes de Psicología, se advierte gran preocupación en relación con el escolasticismo en tanto que fenómeno del segundo mundo; se lo concibe como una amenaza que obstaculiza el desarrollo de la Psicología. En este contexto, surge la pregunta acerca de la gravedad que se le atribuye a dicho problema: ¿ésta no se encuentra, acaso, un tanto sobredimensionada? La genuina adhesión dogmática a alguno de los sistemas de la Psicología, ¿no “demanda” de quien la practica una reestructuración cabal de su sistema de creencias en derredor de su contenido? ¿Es cognitivamente factible una reestructuración de este tipo? ¿O la tenacidad del conocimiento de sentido común la impide? Si se responde afirmativamente a este último interrogante, ¿no es legítimo entonces concluir que se ha sobrevalorado la amenaza del escolasticismo, en su faceta epistémica/cognitiva propia del segundo mundo popperiano?

Si el escolasticismo -en este aspecto- se develara finalmente como un pseudo-problema, ¿hasta qué punto sería ello auspicioso, y hasta qué punto se pondrían de manifiesto las genuinas motivaciones e intereses que obstaculizan el desarrollo de la Psicología?

En el presente trabajo, se intentará ofrecer una respuesta tentativa a los interrogantes recién planteados.

* * *

Muchos epistemólogos se han abocado a la elucidación de la condición psicológica de un científico inmerso en un paradigma (en términos de Kuhn) o en un marco (en términos de Popper). Así, en *El mito del marco común* Popper (1994/2005) asevera que las teorías son sumamente relevantes y que nos resultan imprescindibles, por lo cual impregnan constantemente nuestra visión del mundo. Popper agrega, retomando a Kuhn, que entre un marco y otro se da un cambio de *Gestalt*, y asevera que esto tiene gran significatividad en términos psicológicos. Por su parte, en *La estructura de las revoluciones científicas* Kuhn (1962/1971) sostiene que los paradigmas no determinan meramente la interpretación que los científicos hacen de hechos u observaciones inmutables, prefijados, sino que determinan el mundo mismo que los científicos habitan.

Numerosas y complejas son las diferencias que separan las propuestas epistemológicas de los pensadores recién retomados. En el presente trabajo corresponde mencionar dos de estas disimilitudes, ya que revisten especial relevancia en el contexto dado por el problema aquí planteado: la primera de ellas radica en que las diferencias psicológicas existentes entre personas inmersas en distintos paradigmas son radicales debido a la inconmensurabilidad de los paradigmas en cuestión, lo cual ocasiona que las eventuales discusiones entre dichas personas sean inexorablemente infructíferas. Por el contrario, los marcos -tal como los concibe Popper- no son en absoluto inconmensurables, de manera tal que quienes no comparten el mismo marco pueden, no obstante, entablar provechosas discusiones de modo racional y crítico. La segunda de las diferencias que cabe destacar aquí concierne a los vínculos entre la Psicología y la Epistemología en la obra de uno y otro autor: mientras que la Epistemología popperiana está caracterizada claramente por el antipsicologismo, la Epistemología kuhniana fue muy receptiva de los aportes de la Psicología⁴. En este sentido, las ideas retomadas de *El mito...* deben ser matizadas, ya que su contenido no es una tesis sustantiva de Popper sino más bien una concesión secundaria.

Ahora bien: más allá de las discrepancias recién recapituladas, tanto Popper (al menos en *El mito...*) como Kuhn apelan a la Psicología para dar cuenta del gran influjo que los marcos o los paradigmas poseen sobre los científicos. Ambos epistemólogos se oponen, de este modo, a la tesis de la neutralidad teórica de la observación. Si bien puede afirmarse que esta oposición es acertada, podría objetarse que Popper y Kuhn parecen subestimar el influjo que sobre la observación, así como sobre diversas creencias (incluidas ciertamente las científicas) posee otro tipo de conocimiento, diferente al comprendido por los marcos o paradigmas: el conocimiento de sentido común. Y, concomitantemente, parecen sobreestimar la influencia que sobre la

observación y sobre un complejo y variado sistema de creencias tendría la adopción de uno u otro marco o paradigma.

Efectivamente, existen buenos argumentos para sostener que la observación no puede ser teóricamente neutral⁵. Pero el influjo que impide su depuración cabal podría no provenir principalmente de complejas y sistemáticas estructuras científicas (como suponen los epistemólogos citados), sino de un híbrido compuesto de algunos fragmentos de éstas en conjunción con miríadas de creencias de sentido común. En este punto, resulta oportuno retomar algunas de las ideas propuestas por Berger y Luckmann (1966/1986): la realidad de la vida cotidiana, y el correspondiente conocimiento de sentido común, son ubicuos y se imponen imperiosamente, de modo masivo e intenso. Existen, por otro lado, zonas limitadas de significado, que estos autores definen como realidades aisladas a las que se accede ocasionalmente y en virtud de un gran esfuerzo. En palabras de los propios autores, “El mundo de la vida cotidiana se impone por sí solo y cuando quiero desafiar esa imposición [para ingresar a una zona limitada de significado] debo hacer un esfuerzo deliberado y nada fácil. La transición de la actitud natural a la actitud teórica del filósofo o del hombre de ciencia ejemplifica este punto.” (*ibid.*, p. 41). La Psicología científica es una, entre otras tantas, de aquellas zonas limitadas de significado, en las que la actitud natural inherente a la realidad de la vida cotidiana debe ser sustituida por la actitud teórica. Ahora bien: en tanto que zona limitada de significado, su incidencia en un sistema de creencias previamente construido fundamentalmente en el seno de la realidad de la vida cotidiana y del conocimiento de sentido común⁶ no puede ser sino limitada. En otras palabras, las zonas limitadas de significado no pueden reformar de modo radical un sistema de creencias. Pero, por su parte, el conocimiento de sentido común ejerce efectivamente un impacto sostenido sobre tales zonas, dado que éstas se encuentran insertas en la realidad de la vida cotidiana⁷. Además, en muchas ocasiones este impacto no es advertido, y al pasar desapercibido su incidencia es aún mayor (Fletcher, 1984).

Numerosos psicólogos y filósofos se han abocado a dilucidar rigurosa y profundamente las relaciones existentes entre la Psicología científica y la de sentido común (Churchland, 1981; Fletcher, 1995; Fodor, 1993; Hunt, 2005; Kelley, 1992; Watanabe, 2010)⁸. Algunos de ellos, especialmente Watanabe (2010)⁹, han inspeccionado el vínculo que puede establecerse entre dicha temática y la del escolasticismo en Psicología. A pesar de que el problema epistemológico que Watanabe considera difiere de los interrogantes aquí tratados, resulta oportuno hacer una breve reseña de su postura puesto que los argumentos que presenta permiten avanzar en la construcción de una respuesta al problema abordado en este trabajo.

Watanabe sostiene que la diversidad de sistemas psicológicos surge de las diferencias entre los “metaparadigmas” que subyacen a ellos. De acuerdo con este autor, los metaparadigmas están conformados por tres niveles: el epistemológico, el metodológico, y el metapsicológico. A los fines del presente trabajo, el más relevante de los tres niveles es el mencionado en último término: éste comprende las diversas concepciones del ser humano que surgen a lo largo del desarrollo psicológico, como productos del mismo. Dichas concepciones no son construcciones

de carácter intelectual y consciente, sino de índole espontánea y tácita. Se aprecia, pues, que estas concepciones consisten en creencias de sentido común. Según Watanabe, la elección que un psicólogo haga de formarse en un sistema psicológico u otro dependerá de cuál sea la concepción del ser humano predominante en su sistema de creencias. En este sentido, este autor defiende la conjetura según la cual las creencias de sentido común (concepciones del ser humano) de una persona ejercen una poderosa influencia sobre su desempeño *qua* psicólogo, en tanto que dichas concepciones determinan a qué sistema psicológico adherirá, y dentro del cual se formará, investigará, ejercerá labores praxiológicas, etc.

En síntesis, de acuerdo con los planteos de Watanabe existe un estrecho vínculo entre concepciones de sentido común y la Psicología científica. Sin embargo, a diferencia de la postura esbozada en el presente trabajo, dicho vínculo no es pensado en términos de interferencia: Watanabe no considera que las concepciones del ser humano, compuestas por creencias de sentido común, interfieran en, o distorsionen, la adquisición de conocimientos oriundos de la Psicología científica. Por el contrario, este autor considera que dichas concepciones (junto con los contenidos de los otros dos niveles que componen los metaparadigmas) son la base misma de los diversos sistemas psicológicos existentes, motivo por el cual propone buscar en la Psicología del Desarrollo los orígenes del pluralismo en Psicología.

* * *

Como se ha visto, podría aseverarse que el escolasticismo en Psicología es un fenómeno epistemológico genuinamente existente en el marco del tercer mundo popperiano. Ahora bien: ¿este fenómeno ocurre asimismo en el segundo mundo popperiano? Para ofrecer una respuesta afirmativa a este último interrogante, sería necesario constatar que los sistemas de creencias de los psicólogos se reestructuran acabadamente en derredor del contenido del sistema psicológico al cual adhieren acrítica y dogmáticamente. Los breves argumentos desarrollados en el presente trabajo conducen a rechazar la factibilidad de dicha reestructuración cabal. Ésta sería inviable debido fundamentalmente a la tenacidad de la Psicología de sentido común. En otras palabras, el escolasticismo que se advierte en el marco del tercer mundo popperiano no se reproduciría en el segundo mundo porque los sistemas de creencias de los psicólogos, constituidos largamente en el seno de la realidad de la vida cotidiana y anclados en ella, y consecuentemente abarrotados de creencias de sentido común, no se reestructurarían cabal y ordenadamente tras la adhesión (sea ésta racional o no) a uno u otro sistema psicológico. Por el contrario, en los sistemas de creencias de los psicólogos coexistirían creencias de sentido común con conocimientos científicos correspondientes tanto al sistema psicológico desde el cual se investiga y/o trabaja, como a (aunque en menor medida) otros sistemas psicológicos sobre los cuales se posee cierta información¹⁰.

Consecuentemente, podría sostenerse que quienes se alarman frente al potencial nocivo del escolasticismo, en tanto que fenómeno del segundo mundo popperiano¹¹, están sobrestimando la gravedad de la problemática. Los sistemas de creencias son lo suficientemente vastos y complejos como para que no resulte viable reestructurarlos cabalmente mediante la

adopción de un sistema psicológico u otro; el conocimiento de sentido común es tan tenaz que sería infactible erradicarlo y reemplazarlo acabadamente por conocimientos científicos. Esto significa que el hecho de que muchos profesionales y científicos de la Psicología se nieguen a debatir crítica y racionalmente entre sí, evitando en consecuencia la solución conjunta de problemáticas comunes, no es el resultado de irreductibles incompatibilidades de sus sistemas de creencias derivadas de la adhesión a sistemas psicológicos diferentes. Por ende, podría pensarse que el problema que genuinamente perturba a la Psicología es el corporativismo escolástico (Tosi, & Tosi, 2014). Éste consiste básicamente en fenómenos de carácter político, económico e institucional¹² cuyo efecto principal radica en desalentar el diálogo y el intercambio crítico y racional entre quienes investigan y/o trabajan desde sistemas psicológicos disímiles. Para conceptualizar este fenómeno, resultan importantes las contribuciones de autores tales como Vilanova (2003) y Walsh-Bowers (2010), por mencionar sólo algunos ejemplos.

Cabe mencionar que el corporativismo escolástico (que se localiza en un plano colectivo-institucional) se encuentra estrechamente vinculado con procesos de irracionalidad motivada (localizados fundamentalmente a nivel individual). La irracionalidad motivada supone que un agente actúe de modo contrario a normas de racionalidad teórica y/o práctica debido a la presencia de motivos o emociones que afectan sus procesos de adopción y/o mantenimiento de creencias o cursos de acción. En este caso, entre las normas de racionalidad que estarían siendo descuidadas por los psicólogos se encontraría, por ejemplo, aquella consistente en dialogar críticamente con quienes adoptan perspectivas diferentes a la propia, o aquella que demanda no desestimar o tergiversar la evidencia que se opone a las concepciones sostenidas. Los motivos o emociones que podrían conducir a incumplir normas como las mencionadas podrían consistir en la admiración sumisa y afectiva de ciertos “caudillos” de la Psicología, la necesidad de pertenecer a ciertos grupos entre cuyos miembros existen relaciones personales -no meramente intelectuales- (lo cual implica muchas veces renunciar a una postura crítica dentro de los mismos para garantizar la continuidad de la pertenencia), el apego emocional a determinadas teorías, etc.

Por último, es menester remarcar que los argumentos sostenidos en el presente trabajo (que en los sistemas de creencias de los psicólogos la Psicología de sentido común ejerce un poderoso influjo sobre la adquisición y consolidación de conocimientos correspondientes a la Psicología científica, y que el corporativismo escolástico es el problema que mayores amenazas arroja sobre la Psicología) no deberían conducir a suponer que la Psicología científica está condenada al fracaso. Tampoco se debería inferir a partir de dichos argumentos que cualquier tipo de debate entre psicólogos se encuentra impregnado en igual medida por creencias de sentido común, o indefectiblemente sesgado por procesos de irracionalidad motivada o por intereses propios del corporativismo escolástico. Por el contrario, en numerosas ocasiones el influjo de la Psicología de sentido común logra regularse exitosamente, y se evita la acción perniciosa que factores emocionales o motivacionales, intereses económicos, búsqueda de prestigio, etc., ejercen sobre las normas de racionalidad. Así pues, señalar la existencia de estos factores y del influjo

que ejercen sobre la Psicología científica no debe conducir a una resignación irracionalista. En cambio, la meta de una reflexión de este tipo radica en la necesidad de identificar estos fenómenos problemáticos para poder analizarlos críticamente y, consecuentemente, regularlos.

Notas

1. Algunos autores diferencian las nociones de “escuela” y “sistema” (como lo hace Ardila, 2010); no obstante, muchos otros autores emplean estos conceptos de modo intercambiable, puesto que ambos remiten a conjuntos organizados y discernibles de concepciones teóricas, pautas metodológicas, orientaciones axiológicas, praxiologías, etc., en torno a las cuales se organizan comunidades de científicos y profesionales. Aquí se seguirá la pauta de este segundo conjunto de autores, pero se empleará sólo el término “sistema” para facilitar la exposición.

2. En este contexto, suele denominarse “pluralismo” al escolasticismo.

3. Los dos términos entrecomillados son empleados por Munné. Sintéticamente, este autor define a los “paradigmas” como estructuras científicas centradas en torno a modelos de hombre, y a los “metaparadigmas” como estructuras metacientíficas focalizadas en modelos de ciencia.

4. Particularmente de aquellos provenientes de la *Gestalt* y de la corriente denominada *New Look*, de la cual Bruner -algunas de cuyas investigaciones son citadas por Kuhn en *La estructura...*- es uno de los representantes más conspicuos. Esta receptividad puede apreciarse claramente, por ejemplo, en el décimo capítulo de este libro.

5. Al respecto, es interesante tener presente el debate que se ha gestado en la intersección entre la Epistemología, la Filosofía de la Mente y la Psicología entre Churchland y Fodor. Churchland (1988) defiende la tesis según la cual la observación no es teóricamente neutral, para lo cual reivindica los aportes de Kuhn (1962/1971) y Hanson (1961/1985). Se opone así frontalmente a los argumentos de Fodor (1984), para quien el carácter modular (y, por ende, cognitivamente impenetrable) del procesamiento sensorial garantiza la neutralidad de la observación. Ahora bien: Fodor enfatiza que “observación” no equivale a “fijación perceptual de creencias”, y remarca que la neutralidad teórica corresponde sólo a la observación: “los mecanismos de la fijación de creencias, en contraste con los presuntos módulos perceptuales, *están* en contacto con la teoría de fondo. La fijación de creencias [...] usa todo lo que sabés.” (Fodor, 1984; p. 135). La última oración citada es de gran importancia en el marco del problema aquí abordado, ya que “todo lo que uno sabe” incluye no sólo teorías científicas sino un importante cúmulo de conocimientos de sentido común.

6. Por cuanto quienes finalmente se convierten en psicólogos -sean profesionales o científicos- han sido en primera instancia, y durante períodos clave de la conformación de sus sistemas de creencias, personas inmersas en la realidad de la vida cotidiana. Y durante esos períodos han adquirido abundantemente el conocimiento de sentido común correspondiente a la realidad de la vida cotidiana, y éste se ha consolidado en sus sistemas de creencias.

7. En este punto, sería pertinente indagar si la influencia del conocimiento de sentido común es igualmente poderosa respecto de cualquier zona limitada de significado o si, por el contrario, existen diferencias en cuanto a la intensidad de dicha influencia. Restringiendo este interrogante a las zonas limitadas de significado relativas a las diversas ciencias, plausiblemente existan divergencias según cuál sea el grado de

formalización de la ciencia considerada. Así, cabría preguntarse si la incidencia del sentido común sobre las creencias que los psicólogos tienen acerca de los fenómenos estudiados por su disciplina es, o no, más contundente que la que ejerce el sentido común sobre las creencias de los matemáticos, físicos o químicos relativas a los fenómenos indagados por sus respectivas ciencias.

8. Las perspectivas de los autores citados varían en lo que respecta a cuáles son los contenidos que componen la Psicología de sentido común. Aquí, se parte de la premisa de que dichos contenidos comprenden desde la aceptación de la existencia de las actitudes proposicionales y su impacto en el comportamiento, hasta creencias más específicas referidas tanto al ámbito de las interacciones humanas (por ejemplo, el conocimiento acerca de los motivos por los cuales una persona experimenta tristeza y cómo conviene tratársela, o el relativo a cómo persuadir a alguien para que adopte cierto curso de acción), de la cognición (por caso, las creencias referidas a cómo comprender y recordar eficientemente el contenido de cierto texto), etc. Aún si algunos de los contenidos de la Psicología de sentido común son correctos -lo cual ha sido sostenido con buenos argumentos-, persiste la diferencia entre ésta y la Psicología científica: la primera es más asistemática, menos rigurosa, suele operar tácitamente, suele resultar más esquiva a la crítica racional, etc.

9. Si bien los términos “Psicología de sentido común” o “Psicología popular” no son empleados por Watanabe en el artículo citado, las “concepciones del ser humano” sobre las cuales reflexiona están conformadas por creencias de sentido común acerca de entidades y fenómenos psicológicos. También cabe aclarar que lo que el autor denomina “pluralismo en Psicología” equivale, a grandes rasgos, al escolasticismo en el marco del tercer mundo popperiano.

10. Es menester señalar que sostener que el escolasticismo psicológico no se replica en el segundo mundo popperiano no significa aseverar que la incidencia de los conocimientos científicos sobre los sistemas de creencias de los psicólogos es nula o escasa; por el contrario, dicho tipo de conocimiento posee un influjo significativo sobre las creencias de sentido común. De todas maneras, más allá de cuán significativo sea tal influjo, no parece plausible que sea suficiente para modificar de manera *radical* o *cabal* un sistema de creencias, debido a la tenacidad del conocimiento de sentido común.

11. Para quienes, como Ardila (2003, 2010), consideran que el escolasticismo es asimismo un flagelo en el marco del tercer mundo, la conclusión propuesta no es suficiente. Esto se debe a que tal conclusión sólo somete a cuestionamiento la suposición de que el escolasticismo es un fenómeno genuinamente existente en el marco del segundo mundo, pero es ciertamente compatible con la existencia del escolasticismo en el tercer mundo (en cuyo marco, como se señaló anteriormente, conviene denominarlo “pluralismo”).

12. Entre otros fenómenos de esta índole, pueden mencionarse los intereses económicos vinculados a la repartición de las competencias profesionales, los intereses institucionales referidos a la determinación de los contenidos que se dictan en las diversas materias de las carreras de Psicología, el prestigio relacionado con la pertenencia a ciertos sistemas de investigación, etc.

Bibliografía

- ARDILA, R. (2003). La necesidad de unificar la psicología: el paradigma de la síntesis experimental del comportamiento. *Revista Colombiana de Psicología*, 12 (1), 28-37.
- ARDILA, R. (2010). La unidad de la psicología. El paradigma de la síntesis experimental del comportamiento. *Revista Mexicana de Investigación en Psicología*, 2 (2), 72-83.

- BERGER, P. L., & LUCKMANN, T. (1966/1986). *La construcción social de la realidad*. Buenos Aires: Amorrortu.
- CHURCHLAND, P. (1981). Eliminative materialism and propositional attitudes. *Journal of Philosophy*, 78, 67-90.
- CHURCHLAND, P. (1988). Perceptual plasticity and theoretical neutrality: a reply to Jerry Fodor. *Philosophy of Science*, 55 (2), 167-187.
- FLETCHER, G. J. O. (1984). Psychology and common sense. *American Psychologist*, 39 (3), 203-213.
- FLETCHER, G. J. O. (1995). Two uses of folk psychology: Implications for psychological science. *Philosophical Psychology*, 8 (3), 221-238.
- FODOR, J. (1984). Observation reconsidered. *Philosophy of Science*, 51 (1), 23-43.
- FODOR, J. (1993). The persistence of the attitudes. En S. M. Christensen & D. R. Turner (Eds.), *Folk psychology and the philosophy of mind* (pp. 221-246). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- HANSON, N. R. (1961/1985). *Patrones de descubrimiento*. Madrid: Alianza Editorial.
- HUNT, H. T. (2005). Why psychology is/is not traditional science: the self-referential bases of psychological research and theory. *Review of General Psychology*, 9 (4), 358-374.
- KELLEY, H. H. (1992). Common-sense Psychology and scientific Psychology. *Annual Review of Psychology*, 43 (1), 1-24.
- KUHN, T. (1962/1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- MONTERO, M. (2001). Ética y política en Psicología: las dimensiones no reconocidas. *Athenea Digital*, 0, 1-10.
- MUNNÉ, F. (1993). Pluralismo teórico y comportamiento social. *Psicothema*, 5, 53-64.
- POPPER, K. R. (1994/2005). *El mito del marco común. En defensa de la ciencia y la racionalidad*. Barcelona: Paidós.
- TOSI, L. D., & TOSI, J. D. (2014). Escolasticismo: ¿problema fundamental de la psicología de hoy? *Psicología para América Latina*, 26, 63-86.
- VILANOVA, A. (1992). La Psicología: sus problemas fundamentales. En G. Vidal, R. Alarcón, & F. Lolas Stepke (Eds.), *Enciclopedia Iberoamericana de Psiquiatría* (pp. 1313-1319). Buenos Aires: Panamericana.
- VILANOVA, A. (2003). *Discusión por la Psicología*. Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata.
- WALSH-BOWERS, R. (2010). Some social-historical issues underlying psychology's fragmentation. *New Ideas in Psychology*, 28 (2), 244-252.
- WATANABE, T. (2010). Metascientific foundations for pluralism in psychology. *New Ideas in Psychology*, 28 (2), 253-262.

