

Presentación de *Factótum*, 18, 2017: Diversidad en el análisis filosófico de la Ciencia

David Mayo

Universidad de A Coruña (España)
E-mail: david.mayos@udc.es

1. **Diversidad de tipos de análisis filosóficos acerca de la Ciencia: Enfoques con perspectivas actuales sobre la actividad científica**

Mediante este número monográfico de *Factótum. Revista de Filosofía* se presentan una serie de trabajos que comparten un objetivo común, que es el mostrar diversos tipos de análisis filosóficos acerca de la Ciencia. Son enfoques que, desde distintos ángulos, ofrecen perspectivas actuales sobre la actividad científica.

Durante los últimos años del siglo XX y las casi dos décadas que llevamos del XXI, ha habido un crecimiento considerable de la Filosofía de la Ciencia. En buena medida, se ha debido a los acelerados desarrollos científicos y tecnológicos, que han propiciado nuevas y más especializadas áreas de investigación. Esto ha venido acompañado de nuevos ámbitos de conocimiento y nuevos problemas. Paralelamente, la reflexión filosófica se ha ocupado de estos nuevos desafíos y ha seguido su evolución interna en el tratamiento filosófico-metodológico de los temas relacionados con la Ciencia.

Junto a esta línea de especialización en la Filosofía de la Ciencia, hay una segunda línea que busca la interdisciplinariedad. Es una tendencia en los actuales análisis filosóficos a partir de la actividad científica, que ciertamente ha cobrado también su relieve. Así, entre las características de este número monográfico, se aprecia la vertiente de la especialización filosófico-metodológica y la dimensión de la interdisciplinariedad temática. Los artículos aquí publicados van desde la Filosofía y Metodología de la Ciencia de índole general hasta el estudio de una serie de disciplinas vistas en clave epistemológica y metodológica. Esta tarea acerca del quehacer científico se enfoca hacia la Medicina, la Psicología y las Ciencias Biológicas.

Sucede, además, que se presenta aquí un artículo de un valor especial, por ser una de las

últimas publicaciones que preparó Amparo Gómez, Catedrática de Lógica y Filosofía de la Ciencia en la Universidad de La Laguna. Terminó el trabajo hacia finales de 2017 y falleció el 13 de marzo de 2018 en Tenerife. Ella ha dejado como legado una trayectoria ampliamente reconocida, tanto por la amplitud de su producción intelectual como sus aportaciones en distintos ámbitos temáticos de la Filosofía de la Ciencia.

Amparo Gómez ofrece en su artículo un análisis sobre implicaciones epistemológicas surgidas a partir de la práctica de la experimentación sobre objetos idealizados y semi-materiales. Respecto de esta práctica, indaga su relevancia para la investigación en sistemas reales o materiales. Así, sobre la base de distinguir entre *experimento virtual* y *virtualmente experimento*, Gómez destaca el papel que cumplen las teorías ya establecidas y los datos aportados experimentalmente cuando se trata de determinar las propiedades de las entidades reales o, en su caso, de los fenómenos del mundo (los sistemas materiales).

Busca Amparo Gómez el caracterizar los aspectos realistas y los elementos teóricos pertinentes, de modo que especifiquen el tipo de conocimiento obtenido de los dos tipos de experimentos. Todo esto con el objetivo de ampliar la comprensión de los diferentes sistemas materiales, así como de mejorar los métodos de investigación. Gómez finaliza destacando el alcance y la importancia que estos dos tipos de experimentos representan para el avance del conocimiento científico.

Seguidamente, Wenceslao J. González presenta un análisis sobre la dinámica de la Ciencia, que es uno de los grandes problemas de la Filosofía y la Metodología de la Ciencia. La caracterización de la dinámica de la Ciencia la asocia al cambio conceptual, de modo que el avance científico conecta con la variación conceptual. A este respecto, considera la dualidad "evolución-revolución", al tiempo que resalta las limitaciones de ese esquema interpretativo. Plantea entonces González la necesidad de abordar la dinámica de la Ciencia en términos de *historicidad*.

Desde esa perspectiva, se superan las versiones disponibles de Epistemología evolutiva y las posiciones kuhnianas acerca de las revoluciones científicas, sobre todo de su primera etapa. Al considerar entonces el enfoque cognitivo, se incide en el papel de las revoluciones conceptuales. Pero se señalan los puntos débiles de las posturas sobre revoluciones conceptuales, como la expuesta por Paul Thagard. Esto le lleva a una nueva propuesta para caracterizar los cambios científicos, aquellos que conforman la dimensión de historicidad de la Ciencia.

Al desarrollar su propuesta, González insiste en que la historicidad atañe a tres niveles sucesivos: la Ciencia, los agentes y la propia realidad investigada. Así, a) hay un cambio en los conceptos que desarrolla la Ciencia, b) el papel del sujeto cognoscente cuenta para la variación en el contenido cognitivo, y c) la propia realidad (natural, social o artificial) también está sometida a modificaciones, que pueden ser además muy relevantes. Al profundizar en la historicidad del cambio cognitivo, González resalta que es compatible con la objetividad. Por tanto, reconocer una historicidad “interna” y una historicidad “externa” de la actividad científica está en sintonía con la Ciencia en cuanto actividad humana que ofrece una imagen detallada de lo real.

Se transita, a continuación, desde el campo de la Filosofía y la Metodología general de la Ciencia a cuestiones epistemológicas y metodológicas de la Psicología. José María Martínez Selva, junto con aspectos de la Ciencia Psicológica, atiende también investigaciones biológicas. Presenta así un estudio enfocado en los cambios conceptuales que, respecto de la dilucidación del comportamiento humano, ha provocado esta integración de saberes. Indaga en las nuevas técnicas de investigación del cerebro, que han dado lugar a nuevas categorías científicas para la comprensión de la conducta. El objetivo de estas propuestas es el avance en la obtención de lo que el autor llama “explicaciones causales fuertes”.

Con este planteamiento se pretende un mejor y más completo conocimiento de las conexiones entre los mecanismos biológicos y los procesos psicológicos, con sus consiguientes resultados. Los nuevos conceptos, sostiene Martínez Selva, conducen a enfoques novedosos en el estudio de las estructuras cerebrales. Así, a partir de ahí, se va a la ampliación de la teorización científica de los diferentes fenómenos conductuales. Su artículo concluye señalando algunas limitaciones epistemológicas y metodológicas de las nuevas técnicas de investigación y sus derivadas innovaciones conceptuales. A su vez, propone algunas rutas que estas investigaciones deberían seguir para indagar el comportamiento humano.

En el marco de los saberes relacionados con las Ciencias de la Salud —y conectados con las Ciencias Biológicas—, Francisco Javier Romero presenta un artículo sobre enfermedades neurodegenerativas, escrito en colaboración con Cristina Rodríguez Luque. Aborda la influencia que han ejercido los factores de carácter conceptual y sociológico en el avance de las investigaciones en enfermedades neurodegenerativas y, por tanto, en el conocimiento médico.

Junto a su análisis argumentativo, en el artículo los autores presentan un estudio de caso sobre la dinámica y contribución de los medios de comunicación pública a partir de la recepción los resultados de las investigaciones médicas celulares. Así, los mismos medios de comunicación han sido determinantes en la evolución de las investigaciones. Romero y Rodríguez señalan que esta situación ha tenido lugar por la evolución epistemológica y metodológica de las investigaciones, que han producido cambios conceptuales y nuevas prácticas. El análisis de la correlación entre los factores conceptuales y sociales en el avance científico es el cometido central de este trabajo.

Después, en el marco de la Filosofía de la Matemática, Jesús Alcolea examina una de las propuestas más relevantes sobre la naturaleza misma de la Matemática. Aborda así los problemas del conocimiento, la práctica y la Ontología matemática. A tal efecto, Alcolea toma como base de análisis el planteamiento de Philip Kitcher, quien ha desarrollado una Epistemología y una Metodología de la Matemática. Su postura está situada dentro de un naturalismo epistemológico y un constructivismo pragmatista. Para Alcolea, la propuesta de Kitcher ofrece ideas útiles, que aclaran la actividad y el estatuto mismo del saber matemático.

Pero Alcolea hace también una valoración crítica. Así, evalúa la contribución de Kitcher y extiende lo que considera puntos de vista incompletos, para mejorar esa visión matemática. Uno de los puntos críticos gira en torno a la argumentación en contra de la Epistemología del apriorismo matemático, al menos en cuanto que ha de afrontar algunos compromisos con la Ontología platónica de la Matemática. La contribución finaliza con una puesta en contexto sobre las razones filosóficas que han configurado el planteamiento de Kitcher, que corresponde a su primera etapa intelectual.

Viene, a continuación, un estudio donde la Filosofía de la Ciencia y la Tecnología lidia con la vertiente “externa”, de modo que involucra un conjunto de elementos tecnológicos, políticos y sociológicos. A este respecto, Enrique Alonso analiza un problema que ha surgido con Internet, debido al avance de las telecomunicaciones, que ha llevado a la implantación de la Red como el “elemento transformador más

poderoso de los tiempos actuales". Alonso procura responder a la cuestión acerca de la gobernanza de la Red, planteándose preguntas como ¿cuál es la configuración del poder? y ¿por qué ha llegado a ser como es?

Internet es un recurso clave en las áreas de la información y comunicación y tiene un particular significado para entender el avance de la Tecnología. Alonso expone el contexto histórico que propició su surgimiento, junto a la manera en que esta está conformada, hasta llegar a ser lo que actualmente es. El autor sitúa el control de la Red en lo que llama "las cuatro capas de poder". Seguidamente, analiza sus relaciones y los intereses que han impulsado sus operaciones. Para terminar sus reflexiones, Alonso señala algunas consecuencias de este modelo de gobierno, de cara a unas futuras sociedades totalmente tecnificadas.

Como se puede apreciar, las contribuciones presentadas en este número monográfico ofrecen una muestra de la diversidad en los análisis filosóficos de la Ciencia —acerca de saberes empíricos y disciplinas formales—, que se complementan con los correspondientes estudios de Filosofía de la Tecnología. La imagen que se ofrece muestra un quehacer filosófico plural y amplio, que ahora aborda temas nuevos y continúa estudiando y profundizando en cuestiones de gran relevancia para la comprensión de todo lo que envuelve a la empresa científica y la tarea tecnológica.

2. Origen de los trabajos

Todos los artículos tienen su origen en las *Jornadas sobre Filosofía y Metodología actual de la Ciencia* y han sido adaptados —y, en su caso, actualizados— para el presente volumen. Las *Jornadas*, que se celebran en la Universidad de A Coruña como *Workshops* temáticos desde 1996 hasta la actualidad, han contado de modo habitual con el respaldo de la Sociedad de Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia en España.

El sentido de este nuevo número monográfico de *Factótum* es, principalmente, el dar a conocer a un público más amplio una serie de ponencias presentadas en las mencionadas *Jornadas*. Los trabajos se publicaron inicialmente en inglés y cada uno de ellos forma parte de un volumen en la *Colección Gallaecia: Estudios de Filosofía y Metodología actual de la Ciencia*. En el origen de este volumen late también la petición de diversos participantes de las *Jornadas* al Coordinador, para facilitar la accesibilidad de los textos. Estos asistentes habían solicitado la publicación de versiones castellanas de trabajos presentados en las reuniones celebradas desde 2004, puesto que, desde ese año, se publican en lengua inglesa.

Amparo Gómez es la autora del primer artículo de este número monográfico, que lleva por título "Experimentos virtuales y *virtualmente* experimentos: Algunas consideraciones epistemológicas". Fue presentado como ponencia con el título de "Nuevas formas de observación científica y su incidencia epistemológica" el 8 de marzo de 2007 en las *Jornadas sobre Observación y experimentación en la Ciencia: Nuevas perspectivas metodológicas*. Después el texto se publicó como Gómez, A., "New Forms of Scientific Observations and their Epistemological Impact", en González, W. J. (ed), *New Methodological Perspectives on Observation and Experimentation in Science*, Netbiblo, A Coruña, 2010, pp. 71-82. Para este número de *Factótum* se publica la versión que, en gran medida, ha rehecho Amparo Gómez. Por eso, ha modificado el título de su trabajo.

Wenceslao J. González es el autor del segundo trabajo que se publica aquí: "Cambio conceptual y diversidad científica: El papel de la historicidad en la dinámica de la Ciencia". Es una versión ampliada y con nuevos aspectos filosófico-metodológicos respecto de lo publicado como González, W. J., "Conceptual Changes and Scientific Diversity: The Role of Historicity", en González, W. J. (ed), *Conceptual Revolutions: From Cognitive Science to Medicine*, Netbiblo, A Coruña, 2011, pp. 39-62. Este trabajo guarda relación con las *Jornadas sobre Revoluciones conceptuales: De las Ciencias Cognitivas a la Medicina*, llevadas a cabo el 5 y 6 de marzo de 2009. Cuando amplía lo expuesto en la publicación original, los matices nuevos son sobre todo respecto del papel de la historicidad en la Ciencia, que se presentan aquí por vez primera.

José María Martínez Selva presenta el tercer artículo, que es "Cambios conceptuales en las explicaciones biológicas del comportamiento". Se expuso como ponencia el 5 de marzo de 2009 en las *Jornadas sobre Revoluciones conceptuales: De las Ciencias Cognitivas a la Medicina*. Se publicó después como Martínez Selva, J. M., "Conceptual Changes in Biological Explanations of Behaviour", en González, W. J. (ed), *Conceptual Revolutions: From Cognitive Science to Medicine*, Netbiblo, A Coruña, 2011, pp. 97-117.

Francisco Javier Romero y Cristina Rodríguez Luque ofrecen el cuarto trabajo, titulado "La investigación sobre enfermedades neurodegenerativas: Problemas epistemológicos y metodológicos". Se expuso como ponencia el 6 de marzo de 2009 en las *Jornadas sobre Revoluciones conceptuales: De las Ciencias Cognitivas a la Medicina*. Fue publicado como Romero, F. J. y Rodríguez Luque, C., "Research on Neurodegenerative Diseases: Epistemological and Methodological Problems", en González, W. J. (ed), *Conceptual Revolutions: From Cognitive Science to Medicine*, Netbiblo, A Coruña, 2011, pp. 119-136.

Jesús Alcolea es el autor de la quinta aportación: “La epistemología y la metodología naturalistas de la matemática de Ph. Kitcher”. Esta ponencia fue presentada el 10 de marzo de 2006 en las *Jornadas sobre Realismo científico y Sociedad Democrática: La aportación de Philip Kitcher*. Posteriormente fue publicada como Alcolea, J., “Methodological Analysis of Scientific Practice: Kitcher’s Naturalistic Epistemology and Methodology of Mathematics”, en González, W. J. (ed), *Scientific Realism and Democratic Society: The Philosophy of Philip Kitcher*, Poznań Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities, Rodopi, Ámsterdam, 2011, pp. 293-326.

Enrique Alonso es el autor del sexto trabajo que se publica aquí: “De cómo la Tecnología se hizo Ley. El Gobierno de la Red como modelo tecnopolítico del futuro cercano”. Inicialmente fue presentado como ponencia con el título “Las etapas del gobierno de la Red: Personas, instituciones y agentes” el 11 de marzo de 2016 en las *Jornadas sobre Inteligencia Artificial y Sociedad Contemporánea: El cometido de la información*. El autor ha realizado importantes modificaciones al texto original, razón por la cual ha cambiado el título para este volumen.

Todos estos textos se publican a partir de una iniciativa de Wenceslao J. González, coordinador de las *Jornadas*, que me invitó a organizar el volumen y articularlo sobre un hilo conductor común, que en este caso es la diversidad de análisis en Filosofía de la Ciencia. Su deseo al publicar los textos seleccionados de las *Jornadas* es propiciar que, a través de números monográficos de revista, las contribuciones de estos *Workshops* de la Universidad de A Coruña puedan ser accesibles a un número mayor de personas, tanto de nuestro país como de Iberoamérica.

Agradezco, además, la contribución de Wenceslao J. González a este volumen —un extenso artículo— y la aportación realizada por los otros autores de los artículos: Amparo Gómez Rodríguez, José María Martínez Selva, Francisco Javier Romero, Cristina Rodríguez Luque, Jesús Alcolea y Enrique Alonso. A todos ellos les expreso mi sincero agradecimiento, tanto por su participación en este volumen como por todas las facilidades ofrecidas para su preparación. También expreso un especial reconocimiento al director de *Factótum. Revista de Filosofía*, José Francisco Martínez Solano, por su atenta colaboración en este número monográfico.

Referencias

- ALCOLEA, J., “Methodological Analysis of Scientific Practice: Kitcher’s Naturalistic Epistemology and Methodology of Mathematics”, en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Scientific Realism and Democratic Society: The Philosophy of Philip Kitcher*, Poznań Studies in the Philosophy of Science and the Humanities, Rodopi, Ámsterdam, 2011, pp. 293-326.
- ANDERSEN, H., DIEKS, D., GONZÁLEZ, W. J., UEBEL, TH. y WHEELER, G. (eds), *New Challenges to Philosophy of Science*, Springer, Dordrecht, 2013.
- GALAVOTTI, M. C., DIEKS, D., GONZÁLEZ, W. J., HARTMAN, S., UEBEL, TH. y WEBER, M. (eds), *New Directions in the Philosophy of Science*, Springer, Dordrecht, 2014.
- GÓMEZ, A., “New Forms of Scientific Observations and their Epistemological Impact”, en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *New Methodological Perspectives on Observation and Experimentation in Science*, Netbiblo, A Coruña, 2010, pp. 71-82.
- GONZÁLEZ, W. J. (ed), *New Methodological Perspectives on Observation and Experimentation in Science*, Netbiblo, A Coruña, 2010.
- GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Conceptual Revolutions: From Cognitive Science to Medicine*, Netbiblo, A Coruña, 2011.
- GONZÁLEZ, W. J., “Conceptual Changes and Scientific Diversity: The Role of Historicity”, en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Conceptual Revolutions: From Cognitive Science to Medicine*, Netbiblo, A Coruña, 2011, pp. 39-62.
- GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Scientific Realism and Democratic Society: The Philosophy of Philip Kitcher*, Poznań Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities, Rodopi, Ámsterdam, 2011.
- MARTÍNEZ SELVA, J. M., “Conceptual Changes in Biological Explanations of Behaviour”, en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Conceptual Revolutions: From Cognitive Science to Medicine*, Netbiblo, A Coruña, 2011, pp. 97-117.
- ROMERO, F. J. y RODRÍGUEZ LUQUE, C., “Research on Neurodegenerative Diseases: Epistemological and Methodological Problems”, en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Conceptual Revolutions: From Cognitive Science to Medicine*, Netbiblo, A Coruña, 2011, pp. 119-136.

Experimentos virtuales y *virtualmente* experimentos: Algunas consideraciones epistemológicas

Virtual experiments and *virtually* experiments:
Some epistemological considerations

Amparo Gómez Rodríguez

Universidad de La Laguna (España)
E-mail: agomez@ull.es

Resumen: En este artículo se analizan algunas cuestiones epistemológicas planteadas por los experimentos virtuales —con objetos idealizados y con objetos semi-materiales—. El objetivo es establecer qué tipo de conocimiento de los sistemas reales supone este tipo de experimentos, y si existen diferencias epistémicas esenciales entre la investigación de laboratorio y la virtual. Se abordan fundamentalmente los problemas epistémicos asociados a la relación entre experimentos y teorías, lo que lleva al análisis del estatus de los datos y los fenómenos implicados en estos experimentos.

Palabras clave: experimento virtual, *virtualmente* experimentos, sistema material, experimentalismo, realismo.

Abstract: Some epistemological questions posed by virtual experiments — with idealized and with semi-material objects — are analyzed in this article. The objective is to establish what type of knowledge of real systems involves this sort of experiments, and if there are essential epistemic differences between laboratory and virtual research. The epistemic problems associated with the relationship between experiments and theories are analyzed, which leads to the analysis of the status of the data and the phenomena involved in these experiments.

Keywords: virtual experiment, *virtually* experiments, material system, experimentalism, realism.

Reconocimientos: Este artículo ha sido posible gracias al apoyo del Proyecto de Investigación (FEDER) FFI2015-64529-P del Ministerio de Economía y Competitividad. Agradezco a Michela Massimi sus comentarios y sugerencias a las primeras versiones de este documento

Las simulaciones o experimentos computacionales constituyen una forma de obtener información científica acerca de fenómenos que por distintas razones presentan dificultades a la experimentación y observación material. Este tipo de experimentos, que podemos denominar “virtuales”, se ha convertido en un recurso fundamental de la investigación en diferentes áreas de las ciencias sociales, las ciencias cognitivas, la biología, pero también de la física o las ingenierías¹. Los experimentos virtuales plantean

interesantes cuestiones epistemológicas, como las relacionadas con la materialidad, la simplicidad, el estatus de los datos y de los fenómenos, las diferencias

que distingue a esta nueva empresa?”, en KELLER, E. F., “Models, Simulation, and ‘Computer Experiments’”. En RADDY, H. (ed), *The Philosophy of Scientific Experimentation*, University of Pittsburgh Press, Pittsburgh, 2003, p. 200. También el trabajo de Peschel y Scheutz sobre el rol de la simulación en el desarrollo de las teorías cognitivas, en PESCHEL, M. F. y SCHEUTZ, M., “Explicating the Epistemological Rol of Simulation in the Development of Theories of Cognition”. En KORTA, K. y LARRAZABAL, J. M. (eds), *Truth, Rationality, Cognition and Music: Proceedings of 7th International Colloquium of Cognitive Science*, Kluwer, Dordrecht 2004, pp. 274-281.

1. Véanse las consideraciones de Keller sobre la física computacional y su respuesta a la pregunta “¿qué es exactamente lo

entre derivar y producir resultados, o entre modelos y simulaciones.

Algunas de estas cuestiones serán tratadas en este artículo, que se centrará en dos cuestiones fundamentales: a) en qué medida los experimentos virtuales aumentan el conocimiento de los sistemas materiales (reales), y b) hasta qué punto los resultados obtenidos en estos experimentos son trasladables a los correspondientes sistemas materiales. La respuesta a estas cuestiones nos ayudará a establecer qué tipo de conocimiento científico proporcionan las simulaciones y si existen diferencias epistémicas esenciales entre la investigación de laboratorio y la virtual².

1. Instrumentos y procedimientos

La experimentación y observación científica, sea material o virtual, implica elementos activos y constructivos: diseño, preparación, instrumentos, técnicas, procedimientos, manipulación y control. Por lo tanto, en la base de la ciencia no encontramos observaciones simples, sino más bien observaciones mediadas técnicamente³.

La naturaleza convencional de los instrumentos, las operaciones y los procedimientos ha sido generalmente subrayada. El hecho de que sean convencionales significa que dichos procedimientos, operaciones o instrumentos son factibles (en una etapa específica del desarrollo científico), implican decisiones y acuerdos de las comunidades científicas que los aceptan como válidos. Estos acuerdos son básicos en ciencia, como ocurre en el caso de los acuerdos respecto a las técnicas de computación, las operaciones que supone la simulación, o las constricciones y controles. Pero, a pesar de esta dimensión convencional, los científicos consideran los datos obtenidos con recursos convencionales como válidos. Instrumentos, operaciones y procedimientos son convencionales, pero lo que se puede hacer con ellos y los resultados obtenidos, no. Yo mido 1.60 m. de alta; esto es un hecho, una vez que hemos aceptado como unidad de medida el metro. Cualquier sujeto que repita exactamente la operación obtendrá el mismo resultado, si dicha operación se ejecuta correctamente. Como afirma Agazzi, "lo que se observa utilizando ciertos instrumentos, aplicando las reglas de uso correctas, es lo que la comunidad científica acepta sin objeciones y es lo que todos pueden verificar repitiendo el mismo experimento"⁴.

2. El término *material* se usa para referir a experimentos de laboratorio en los que los inputs, la intervención y los productos son materiales.

3. Tal como muestra, entre otros, Ferreirós, en FERREIRÓS, J., "Hacia una filosofía de la experimentación", *Crítica. Revista Hispanoamericana de Filosofía* 34, nº 102, 2002, pp. 47-86.

4. AGAZZI, E., "Il significato dell'oggettività nel discorso scientifico". En MINAZZI, F. (ed), *L'oggettività della conoscenza scientifica*, Ed. Franco Angeli, Milán, 1996, p. 31.

Los datos obtenidos permiten formular proposiciones básicas sobre los fenómenos, es decir, proposiciones fenoménicas. Estas proposiciones son aceptadas precisamente porque se establecen a través de procedimientos operativos acordados y aceptados por los científicos. Si estamos de acuerdo en investigar usando la báscula, el cronómetro y una regla rígida podremos establecer proposiciones que contengan predicados como "masa", "duración" y "longitud" según los procedimientos estándar de medición. A partir de ello podremos establecer toda una serie de afirmaciones básicas de la mecánica clásica, y luego, por ejemplo, introducir el análisis infinitesimal y otros conceptos que irán construyendo el edificio teórico de la mecánica⁵.

En el caso de los experimentos virtuales es posible encontrar un número cada vez mayor de acuerdos entre los científicos con respecto a los procedimientos involucrados en el modelado, las operaciones matemáticas, las técnicas computacionales o las restricciones y controles. También se está realizando un esfuerzo importante para acordar qué similitudes y diferencias se pueden establecer entre los experimentos materiales en el laboratorio y los experimentos computacionales. Una cuestión clave en este marco es el acuerdo en torno a la distinción que establece Morgan entre experimentos computacionales basados en representaciones del objeto material altamente idealizadas —lo que ella designa "como un experimento virtual" — y experimentos con representaciones computerizadas muy realistas del objeto material, que Morgan denomina "experimentos con objetos semi-materiales"⁶. Morgan da como ejemplo de este segundo tipo, el experimento con una representación de una sección de hueso de la cadera de un animal de cuya estructura se obtienen imágenes computerizadas muy precisas, con "un alto grado de verosimilitud de estructura" llevándose a cabo una simulación de lo que

5. Como señala Agazzi, en AGAZZI, E., "Problemi di epistemologia contemporanea", *Quaderni Della Società Filosofica Italiana*, n. 1-2, 1979, pp. 5-61.

6. MORGAN, M. S., "Experiments without Intervention: Model Experiments, Virtual Experiments and Virtually Experiments". En RADDER, H. (ed), *The Philosophy of Scientific Experimentation*, University of Pittsburgh Press, Pittsburgh, 2003, p. 223. Morgan afirma: "his team converts a real cow hipbone into a computerized image... making a photographic digital image of the slice. This digital image of the slices is reassembled in the computer to provide a high-quality 3-D image of that particular real hipbone (...) the computer experiment calculates the effect of the 'force' on individual elements in the grid and assembles the individual effects into an overall measure of the strength due to structure"; véase MORGAN, M. S., "Experiments without Intervention: Model Experiments, Virtual Experiments and Virtually Experiments", p. 222.

pasa cuando se le somete a fuerzas extremas⁷. Esta clase de experimentos son considerados por Morgan, *virtualmente experimentos*, es decir, *prácticamente experimentos materiales*.

En ambos tipos de experimentos se utilizan recursos informáticos: hay un modelo del objeto, un modelo de intervención y los recursos mecánicos de manipulación son reemplazados por otros matemáticos. A pesar de estos paralelismos, en el primer caso el experimento es más parecido a la manipulación en modelos matemáticos, mientras que el segundo se aproxima bastante a los experimentos materiales. En palabras de Morgan, “a pesar del papel de las matemáticas en la intervención (...) quiero describir al menos la primera de estas dos intervenciones (virtualmente experimentos) como cercana a un experimento regular”⁸.

Las diferencias entre *experimento virtual* y *virtualmente un experimento* afectan al estatus de los resultados obtenidos. No es posible extender los resultados del primer tipo de experimentos a los sistemas materiales, pero sí en el caso de los segundos, aunque sea aproximadamente. Pero esta aproximación no es muy diferente a la que se da en los experimentos de laboratorio, que también implican idealización y abstracción, y cuyos resultados son aproximativos respecto a los fenómenos naturales o sistemas materiales. Hacking ha señalado que los experimentos incluyen trabajar sobre imágenes y representaciones precisas, y afirma: “Estudiamos fotografías tomadas con microscopio (...) Cualquier imagen puede digitalizarse y retransmitirse en una pantalla (...) Supongamos que tomo un pincel electrónico y pinto, en una pantalla de televisión, una imagen precisa (a) de una célula que tengo previamente estudiada, digamos usando una imagen digitalizada y reconstituida”⁹. Es decir, los experimentos con objetos semi-materiales pueden ser considerados un recurso más de la investigación en el laboratorio.

Un ejemplo de experimento con objetos altamente idealizados es la simulación del comportamiento de diversas especies animales,

incluidos los humanos. La simulación se lleva a cabo con criaturas altamente esquematizadas que reaccionan de acuerdo con un conjunto de reglas definidas a priori. Los resultados de la simulación ya están incorporados en el modelo que construimos y se revelan a través de la simulación. La situación es más cercana a la que se da en la manipulación de modelos formales o matemáticos que a los experimentos de laboratorio: los investigadores intervienen derivando más que produciendo resultados. Morgan afirma al respecto que “este contraste entre derivar o producir resultados es la diferencia entre la demostración matemática y la demostración experimental”¹⁰. Por otro lado, en los experimentos semi-materiales, la simulación a veces produce resultados que pueden sorprender al investigador (pero no confundirlo).

Los experimentos con objetos semi-materiales comparten con los experimentos de laboratorio el control de las circunstancias y de las variables. Los investigadores se esfuerzan por tener en cuenta todas las condiciones y factores que interfieren o pueden interferir en el proceso. Las causas perturbadoras están controladas, unas porque están ausentes del experimento, otras porque son controladas por procedimientos que las mantienen constantes y, otras, porque son consideradas menores y sus efectos no son tenidos en cuenta. Pero lo relevante es que las causas perturbadoras son identificadas, se las conoce, se las puede explicar y sus efectos pueden ser calculados, igual que en los experimentos de laboratorio. Esto permite extender los resultados de este tipo de experimentos al objeto material.

En el caso de la economía o de otras ciencias sociales la situación es muy distinta. Primero, las representaciones de los objetos materiales son muy idealizadas, segundo, se carece de conocimiento acerca de las causas perturbadoras y, por tanto, de control sobre las mismas. La cláusulas *ceteris paribus* se limitan a afirmar la constancia de todos los factores que, sin embargo, sí que intervienen en los sistemas materiales¹¹. En general, la situación es más parecida a la manipulación en modelos matemáticos que a los *virtualmente experimentos*¹².

2. Experimentos versus teoría

Los experimentos virtuales dependen estrechamente de la computación y las herramientas que involucran, por ejemplo lenguaje formal.

7. MORGAN, M. S., “Model Experiments and Models in Experiments”. En MAGNANI, L. y NERSESSIAN N. J. (eds), *Model-Based Reasoning: Science, Technology, Values*, Kluwer /Plenum, New York, 2002, p. 12.

8. MORGAN, M. S., “Experiments without Intervention: Model Experiments, Virtual Experiments and Virtually Experiments”, p. 223. La diferencia esencial radica en el proceso de crear una imagen tridimensional de la estructura ósea en la computadora, según Morgan “the model was constructed anew by the scientist first visualizing the bone structure”; véase MORGAN, M. S., “Experiments Without Intervention: Model Experiments, Virtual Experiments and Virtually Experiments”, p. 223.

9. HACKING, I., *Representing and Intervening. Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*, Cambridge University Press, Cambridge, 1983, pp. 206-207.

10. MORGAN, M. S., “Experiments without Intervention: Model Experiments, Virtual Experiments and Virtually Experiments”, p. 220.

11. Para este tema véase GÓMEZ, A., *Filosofía y metodología de las ciencias sociales*, Alianza Editorial, Madrid, 2003, pp. 69-80.

12. Como señala Morgan en MORGAN, M. S., “Model Experiments and Models in Experiments”, pp. 317-329.

Estos son instrumentos fundamentales que a su vez implican teoría (de los instrumentos). Esto, sin embargo, es algo diferente de lo que sostienen las perspectivas teoricitas de la filosofía de la ciencia post-empirista sobre relación teoría-observación. Para estas perspectivas, la relación clave es entre teorías específicas y observación, y supone que la observación está determinada por la teoría¹³.

Por supuesto, las teorías desempeñan cierto papel en la investigación pero no, necesariamente, el especificado por los enfoques teoricitas y relativistas —como ha mostrado el nuevo realismo y empirismo y, desde luego, el experimentalismo¹⁴. Primero, la investigación científica no siempre procede en términos de problemas y cuestiones formuladas en el seno de las teorías. Muchos experimentos y observaciones se han desarrollado, no para probar una teoría específica o una hipótesis, sino para establecer nuevos datos, resolver problemas prácticos, completar modelos de ciertos fenómenos, introducir nuevos conceptos —o ajustar los existentes—, o aumentar nuestro conocimiento sobre el comportamiento de los objetos —el ejemplo del experimento con la estructura ósea de la cadera cae en esta última categoría¹⁵. Como señala Hacking, a partir del análisis de diversos experimentos, aunque en algunos casos la teoría precede al experimento, en otros el experimento precede a la teoría, es falso que el experimento sólo se desarrolle para probar hipótesis¹⁶. Segundo, aun

cuando la investigación implique teorías, hay una mayor independencia entre la teoría y lo que se observa en una investigación que la afirmada por la filosofía post-empirista a través de la famosa tesis de la carga teórica de la observación. Existe un mundo independiente de nuestros sentidos y teorías que produce las regularidades de nuestra experiencia; a él accedemos activamente a través de la experimentación y la observación. Una vez que se han establecido los procedimientos e instrumentos técnicos a través de los cuales accedemos a la realidad (y esto es algo convencional), el comportamiento de la realidad no es arbitrario y, por lo tanto, tampoco lo son los resultados.

¿Podría este enfoque epistémico aplicarse a simulaciones o experimentos virtuales? ¿Los resultados logrados expresarían la respuesta de la realidad en este caso? Obviamente expresarían la respuesta de la realidad computerizada, sin embargo, ¿expresarían la respuesta de la realidad material? Estrictamente hablando, no, pero también es posible una interpretación menos restrictiva. En el caso de experimentos con objetos semi-materiales de los que habla Morgan, los datos obtenidos expresan, en un sentido científicamente relevante, la respuesta que tendría el objeto material si, en el laboratorio, estuviera sujeto a las condiciones de la simulación. Y si esta información puede trasladarse al sistema material de manera científicamente relevante se puede aceptar que expresa la respuesta que daría el sistema real. Es posible hacer una inferencia válida de los resultados encontrados en el objeto semi-material de la simulación, al objeto material. De hecho, esto es lo que hacen los científicos, ya que su objetivo es obtener información relevante sobre el objeto material, aunque dicha información se obtenga a través de experimentos computacionales. En otras palabras, el objetivo de los experimentos con objetos semi-materiales es obtener resultados que puedan aplicarse al objeto material. Morgan afirma sobre esta cuestión: “Confíe en un hueso de cadera particular para producir un objeto modelo que mantuviera (sugiero) suficientemente las cualidades materiales necesarias para establecer resultados experimentales válidos sobre ese hueso real”¹⁷. Por tanto, en la manipulación virtual el objeto no se comporta arbitrariamente, arrojando cualquier tipo de datos, se comporta como lo haría un hueso de cadera en esas condiciones, que arrojaría ese tipo de datos. Los resultados obtenidos

13. La perspectiva del constructivismo social de la ciencia radicaliza esta tesis. Para una interesante crítica de esta perspectiva, véase GONZALEZ, W. J., “The Philosophical Approach to Science, Technology and Society”. En GONZALEZ, W. J. (ed), *Science, Technology and Society: A Philosophical Perspective*, Netbiblo, A Coruña, 2005, pp. 21-24.

14. Con autores como Longino, Psillos, Kitcher, Cordero, Hacking o Bogen y Woodward; véase LONGINO, H., *Science as Social Knowledge*, Princeton University Press, Princeton, 1990; PSILLOS, S., *Scientific Realism*, Routledge, Londres, 1999; KITCHER, PH., *The Advancement of Science*. Oxford University Press, Oxford, 1993; CORDERO, A., “Scientific Realism and the *Divide et Impera* Strategy: The Ether Saga Revisited”, *Philosophy of Science*, v. 78 (2011), pp. 1120-1130; HACKING, I., *Representing and Intervening. Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*, Cambridge University Press, Cambridge, 1983; BOGEN, J., WOODWARD, J., “Saving the Phenomena”, *Philosophical Review*, v. 97, (1988), pp. 303-352.

15. Morgan afirma al respecto, “the conventional belief from outside the experimental community is that the function of experiments in economics is for testing theories. This seems to be understood in the rather strong sense that experiments are conducted to confirm or deny some well specified economic theory. Of course, some experiments are indeed the place where theories can be tested, but to restrict the legitimate role of experiments to just this one function seems unnecessarily limited”, en MORGAN, M. S., “Experiments versus Models: New Phenomena, Inference and Surprise”, p. 317.

16. Véase HACKING, I., *Representing and Intervening. Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*, p. 154.

17. MORGAN, M. S., “Experiments without Intervention: Model Experiments, Virtual Experiments and Virtually Experiments”, p. 230. Como M. Prausnitz y Bruce E. Poling escribieron: “since 1958 such computer experiments have added more to the knowledge of molecular structure of simple liquids than all the theoretical work of the previous century (...)”. Citado por Keller en KELLER, E. F., “Models, Simulation, and ‘Computer Experiments’”, p. 208.

a través de las manipulaciones experimentales semi-materiales nos informan de la realidad y su comportamiento. Si este tipo de simulaciones no proporcionara información del objeto material y su comportamiento con algún grado de aproximación relevante, no tendría utilidad científica.

Otra forma de abordar el tema es entender este tipo de experimentos como una de las clases de instrumentos, de los que habla Hacking, cuando subraya que, dado que la misma estructura se puede observar utilizando diferentes instrumentos, basados en diversos principios que involucran diferentes teorías físicas, existen buenas razones para aceptar que las estructuras observadas existen. Y, como él afirma, “estamos convencidos porque instrumentos que utilizan principios físicos completamente diferentes nos llevan a observar prácticamente la misma estructura en el mismo espécimen”¹⁸.

En el caso de experimentos computacionales, el enfoque de Hacking plantea algunos problemas, ya que lo que se observa son las interacciones con una representación computerizada de la estructura. Sin embargo, tenemos buenas razones para aceptar que las propiedades observadas a través de la manipulación simulada son aproximadamente reales en aquellos casos en los que: a) tenemos una representación realista del objeto material, b) los resultados obtenidos a través de la simulación pueden extenderse al sistema material, y c) estos resultados son consistentes con los datos proporcionados por otros experimentos materiales diferentes. Es cierto que en una simulación no estamos interfiriendo físicamente con las estructuras en el sentido propuesto por Hacking, pero la interferencia simulada se basa tanto en el conocimiento científico como en el conocimiento de cómo interferir científicamente. Esto nos permite, en el caso de experimentos virtuales con objetos semi-materiales, suponer que la interferencia en un laboratorio con fuerzas reales tendría los mismos resultados que la interferencia simulada; por lo tanto, podemos “estar convencidos de las estructuras que parecemos ver (...)” (Ibídem). Por otro lado, la noción de “manipulación” de Hacking se puede entender de una manera débil como “emplear”¹⁹. En el experimento del hueso de cadera tendríamos una manipulación débil, ya que se “emplean” inputs computerizados para simular qué pasa con la estructura del hueso.

En este caso la estructura manipulada en el ordenador no es independiente del instrumento. Pero

18. HACKING, I. *Representing and Intervening. Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*, p. 209.

19. Para este tema ver SHAPER, D., “Astronomy and Anti-Realism”, *Philosophy of Science*, v. 60, (1993), pp.134-150; y MASSIMI, M., “Non-defensible Middle Ground for Experimental Realism: Why we are Justified to Believe in Colored Quarks”, *Philosophy of Science*, v. 71, n. 1, (2004), pp. 36-60.

esto no es un problema en aquellos casos en los que: a) tenemos suficiente conocimiento científico de la estructura material para desarrollar una representación realista de la misma (el objeto sí que es independiente del ordenador); b) los resultados de la manipulación simulada se pueden extender a la estructura material; y c) es posible acceder a la estructura material también a través de experimentos de laboratorio en los que se determinan datos e infieren propiedades. Por otro lado, es necesario recordar que también en el caso de algunos experimentos de laboratorio no es fácil separar lo que se observa del instrumento utilizado para observarlo. Pero esto no significa poner en duda lo observado ni la existencia de tales entidades del mundo.

Si las tres condiciones señaladas no se satisfacen, las razones para aceptar que las propiedades observadas a través de la manipulación simulada son aproximadamente reales, son más débiles (no importa cuántos parámetros introduzcamos en la computadora). Este es el caso de la simulación de la evolución de nuestra galaxia que se basa en información recopilada durante 15 años de estrellas espectrales F y G, con un total de alrededor de 63.000 observaciones espectroscópicas individuales. Este completo censo de estrellas cercanas proporciona información sobre distancias, edades, velocidad espacial y órbitas en la rotación general de la Vía Láctea, y la identificación de estrellas dobles o múltiples (alrededor de 1/3). Un astrónomo danés, Erik Heyn Olsen, dio el primer paso durante la década de 1980 al medir la intensidad de la luz en varias longitudes de onda de 30,000 estrellas de los tipos A, F y G, distribuidas por todo el firmamento. Luego, el satélite Hipparcos (ESA) determinó las distancias y velocidades en el plano celestial de estas y muchas otras estrellas. Sin embargo, los movimientos a lo largo de la línea de visión siguieron siendo el eslabón perdido, aunque esto también fue calculado finalmente por el instrumento CORAVEL, sobre la base del efecto Doppler de las líneas espectrales de las estrellas²⁰.

Toda esta información permitió a los astrónomos simular en sus ordenadores el movimiento de las estrellas de la galaxia en el pasado, y cómo lo harán en el futuro. Los resultados iniciales de la simulación indican que objetos como nubes moleculares, brazos espirales y agujeros negros habrían fomentado el desplazamiento estelar a lo largo de toda la historia del disco galáctico. Como resultado, la evolución de la Vía Láctea parece mucho más compleja y caótica que la propuesta inicialmente por modelos tradicionales y simplificados.

20. Resumen aquí el informe: <http://www.eso.org/public/news/eso0411/>.

En este caso estamos ante la computerización de una gran cantidad de datos científicos obtenidos por medios diversos e independientes del ordenador en el cual se les computeriza. Sin embargo, la situación no es la misma que en la simulación con el hueso de cadera sometido a fuerzas extremas. En primer lugar, porque se carece de experimentos de laboratorio sobre la evolución de nuestra galaxia, mientras que en el caso de la estructura del hueso de cadera se hicieron, aunque para otros parámetros. En segundo lugar, porque los resultados obtenidos de la simulación solo pueden extenderse al sistema material de forma bastante parcial, ya que el estado del conocimiento en este campo no permite el control de todas las variables y causas perturbadoras que actúan sobre un fenómeno tan complejo como la evolución de la galaxia. Y, en tercer lugar, y muy importante, porque del sistema material solo tenemos otros modelos sobre cómo evolucionó nuestra galaxia, por tanto, cuando se trasladan los resultados obtenidos, se trasladan a otros modelos. El estado del conocimiento acerca de los sistemas materiales es relativo a los grandes modelos teóricos. La simulación llevada a cabo estaba guiada por estos modelos, ya que los inputs matemáticamente modelados se comportan de acuerdo con ciertas hipótesis teóricas propias de dichos modelos. La afirmación de que objetos como nubes moleculares, brazos espirales y agujeros negros han fomentado el desplazamiento estelar a lo largo de la historia de la galaxia es una hipótesis por demostrar.

Para comprender los argumentos anteriores sobre el diferente estado epistémico de la simulación de la evolución de la galaxia y la de la estructura del hueso de cadera, es útil aclarar la relación entre experimento —simulado o no—, y teoría, lo que nos lleva a considerar en términos generales la relación entre datos, fenómenos y teorías.

3. Datos, fenómenos y teorías

Volviendo a la idea de que los resultados de las manipulaciones experimentales (de objetos materiales o semi-materiales) expresan la respuesta de la realidad, (o la que sería su respuesta en las condiciones simuladas) —¿significa esto que tales resultados son completamente independientes de las teorías?

La diferencia entre datos y fenómenos establecida por el experimentalismo es interesante para responder a este interrogante²¹. Los datos son accesibles a nuestros sentidos e instrumentos, “son registros visualmente detectables”²²; y son independientes

de las teorías. Los fenómenos son las propiedades generales de las entidades del mundo que inferimos de los datos, por lo tanto, son también independientes de las teorías²³. Los fenómenos son el resultado de la inferencia estadística de los datos registrados en experimentos sucesivos. Como señalan Bogen y Woodward, “estamos justificados en creer afirmaciones sobre fenómenos mientras haya datos disponibles que constituyan evidencia confiable de tales afirmaciones (...)”²⁴. Las afirmaciones fenomenológicas son fundamentales en el conocimiento científico, y su contenido de verdad es independiente de las teorías.

Fenómenos tales como “los huesos de cadera sometidos a grandes fuerzas se rompen” o “los metales se dilatan cuando se calientan”, son inferidos a partir de datos manipulados en experimentos virtuales o materiales. Se constituyen así enunciados fenomenológicos que afirman propiedades generales de las entidades del mundo natural, o social, inferidas de los datos; por tanto, son independientes de las teorías. Sin embargo, la inferencia de la evolución de nuestra galaxia implica algunas hipótesis teóricas especificadas por el modelo teórico. En la simulación de la evolución de nuestra galaxia, la teoría juega un papel más relevante que en la simulación del comportamiento de la estructura del hueso de cadera en condiciones de fuerzas extremas. ¿Este hecho nos permite ser menos realistas sobre la evolución de nuestra galaxia o el comportamiento de la Vía Láctea que sobre la respuesta del hueso de cadera en condiciones de fuerzas extremas?²⁵ La respuesta depende de la medida en que los fenómenos y las afirmaciones sobre los fenómenos sean independientes de las teorías.

La tesis de que las propiedades generales de las entidades del mundo constituyen fenómenos independientes de las teorías es muy interesante. Pero esta tesis plantea problemas cuando se afirman propiedades generales de entidades inobservables que se investigan en el marco de las teorías que las implican. En este caso la inferencia de propiedades no se lleva a cabo con total independencia teórica²⁶.

23. Véase una propuesta realista causal que refiere a propiedades, disposiciones y poderes, GÓMEZ, A., “Causation and Scientific Realism: Mechanisms and Powers without Essentialism”, en AGAZZI, E. (ed), *Varieties of Scientific Realism. Objectivity and Truth in Scientific Realism*, Springer, Dordrecht, 2017, pp. 367-383.

24. BOGEN, J. y WOODWARD, J., “Saving the Phenomena”, *Philosophical Review*, v. 97, (1988), p. 350.

25. Para una visión de las recientes tendencias realistas véase la relevante obra colectiva publicada recientemente AGAZZI, E. (ed), *Varieties of Scientific Realism. Objectivity and Truth in Scientific Realism*, Springer, Dordrecht, 2017.

26. Agradezco a Michela Massimi haberme señalado que algunos fenómenos son inobservables y tienen un estatus epistémico especial. Estos fenómenos son el resultado de dos procesos: un valor inesperado, medido en un modelo de datos y el uso de modelos teóricos para lograr un mejor ajuste con el modelo de

21. Véase BOGEN, J., WOODWARD, J., “Saving the Phenomena”, *Philosophical Review*, v. 97, (1988), pp. 303-352.

22. MASSIMI, M., “Saving Unobservable Phenomena”, *The British Journal for the Philosophy of Science*, v. 58, (2007), p. 239.

Esto no significa que estén determinadas por la teoría, ya que dependen también de los datos, del contexto experimental y de la historia del experimento²⁷. Pero, todavía, la teoría juega un papel relevante en la inferencia de propiedades. Por ejemplo, en palabras de Massimi, “la evidencia y la teoría están inextricablemente entrelazadas al fundamentar nuestra creencia en los quarks de colores”²⁸.

En el caso de las propiedades de las entidades teóricas no existe una completa independencia entre las afirmaciones de las propiedades generales (fenómenos) y las teorías. Sin duda, los resultados experimentales observados realmente suceden (en el laboratorio). No hay problema, por ejemplo, en aceptar que en el experimento con rayos catódicos, Thomson encontró “partículas con una carga negativa mínima”²⁹. Pero el hecho de que estos datos se conviertan en “electrones” no es independiente de las teorías de Lorentz³⁰. La entidad a la que hace referencia el término “electrón” tiene un grupo de propiedades importantes (masa, spin, carga eléctrica...) cuya descripción implica teorías científicas.

Experimentos en los cuales entidades que en principio no pueden ser observadas producen efectos que muestran la existencia de esas entidades³¹. Pero que tales efectos se conviertan en propiedades generales de las entidades (en fenómenos), no solo depende de los datos experimentales, sino, al menos parcialmente, también de las teorías. Faraday encontró “que el plano de polarización de

un rayo de luz rotaba cuando se le enviaba a través de un vidrio borosilicato, paralelo a las líneas de fuerza magnética”³². La comprensión de este hecho como propiedad física general y fundamental (la conexión entre electromagnetismo y luz) dependía de las asunciones teóricas, las representaciones matemáticas, los modelos elaborados, los argumentos usados (simetría de Maxwell) y de las explicaciones físicas formuladas³³. Como señala Massimi en su interesante análisis de los modelos de partón y quark de los hadrones, “ver los constituyentes del nucleón, presupone una cantidad masiva de teoría. Por ejemplo, presupone asunciones teóricas sobre las técnicas de dispersión (...) una teoría sobre el trabajo de los espectrómetros (...) una cadena entrelazada de generalizaciones de bajo nivel, así como el recurso a leyes fundamentales como las de la conservación del momento y la energía. Pero, presupone también algunas asunciones teóricas cruciales sobre los mismos hechos bajo investigación”³⁴.

Por otro lado, en contextos científicos poco desarrollados, la inferencia de fenómenos (propiedades) a partir de datos puede presuponer asunciones no científicas. Un excelente ejemplo de esto es la inferencia que hicieron los frenólogos del siglo XIX a partir de datos diferenciales sobre el peso del cerebro de hombres y mujeres. A partir de esos datos infirieron que la inteligencia estaba en relación directa con el peso del cerebro, como propiedad general. De ello infirieron que dado que como promedio el cerebro de las mujeres pesaba menos, estas eran intelectualmente inferiores a los hombres. Los fenómenos resultantes de la investigación diferencial con seres humanos han demostrado ser altamente sensibles a este tipo de inferencias. Las asunciones implicadas en la inferencia de propiedades intelectuales, conductuales (y de otro tipo) son una mezcla de hipótesis no probadas y conjuntos de creencias dominantes en la cultura del momento.

De esta manera, puede afirmarse como tesis general que los datos expresan la respuesta experimental y las propiedades se infieren de ellos; aunque en el caso de entidades no observables las propiedades también tienen que ver con las teorías en cuestión. Dependen de los resultados experimentales

datos. Ver su análisis de estos fenómenos en MASSIMI, M., “Saving Unobservable Phenomena”, *The British Journal for the Philosophy of Science*, v. 58, (2007), pp. 235-262.

27. Hacking, sin embargo, da un papel relativo a las teorías y modelos, ya que los investigadores pueden ser bastante agnósticos respecto a ellas. Hacking afirma “Various properties are confidently ascribed to electrons, but most of the confident properties are expressed in numerous different theories or models about which an experimenter can be rather agnostic”, véase HACKING, I., *Representing and Intervening. Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*, pp. 263-264.

28. MASSIMI, M., “Non-defensible Middle Ground for Experimental Realism: Why we are Justified to Believe in Colored Quarks”, *Philosophy of Science*, v. 71, n. 1, (2004), p. 39.

29. HACKING, I., *Representing and Intervening. Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*, p. 83.

30. Thomson los llamó primero “partículas ultraómicas” y después “corpúsculos”, en HACKING, I., *Representing and Intervening. Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*, p. 83.

31. Hacking afirma, “entities that in principle cannot be ‘observed’ are regularly manipulated to produce a new phenomena and to investigate other aspects of nature”, en HACKING, I., *Representing and Intervening. Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*, p. 262. Esta tesis es cuestionada por Zeidler y Sobczynska, en ZEIDLER, P. y SOB CZYNSKA, D., “The Idea of Realism in the New Experimentalism and the Problem of Existence of Theoretical Entities in Chemistry”, *Foundations of Science*, v. 1, n. 4, (1995), pp. 517-535.

32. HACKING, I., *Representing and Intervening. Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*, p. 211.

33. Enumerado por Hacking quien añade “often, of course, the big speculation comes first”. Del efecto Faraday se derivó que “there might be a single theory unifying light and electromagnetism”. La razón de esta interpretación fue que “(...) Faraday was convinced that all forces of the nature must be interconnected”; véase HACKING, I., *Representing and Intervening. Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*, p. 212.

34. MASSIMI, M., “Non-defensible Middle Ground for Experimental Realism: Why we are Justified to Believe in Colored Quarks”, p. 49.

pero, en parte, también de las teorías (y a veces de otras asunciones como señala Longino). Lo que no significa que invariablemente las afirmaciones fenomenológicas generales queden vinculadas a las teorías.

Reconocer que, en ciertos casos, lo que se afirma como fenómeno también depende de nuestro estado del conocimiento, no significa afirmar que toda observación esté cargada de teoría³⁵. Por ejemplo, es más fácil que en la simulación de la evolución de nuestra galaxia cambien algunas propiedades, que lo haga la propiedad de la rotura de un hueso sometido a grandes fuerzas. Este segundo tipo de fenómenos se mantendrá a pesar del hecho de que los datos hayan sido obtenidos por simulación, y a pesar de que la forma en que se les explique teóricamente pueda cambiar. Pero, el primer tipo de fenómenos (la evolución de nuestra galaxia) dependerá estrechamente de la evolución de los modelos teóricos del universo. Es decir, cuando se da una mayor intervención de las teorías en la inferencia de propiedades estas pueden variar con el cambio de teoría, aunque sea parcialmente. Sin embargo, aun en estos casos no siempre es así y ciertos fenómenos (o aspectos de dichos fenómenos) permanecen constantes a pesar de los cambios teóricos. Cuando las propiedades son básicamente inferidas de los datos que ofrece la manipulación experimental, las propiedades tienden a conservarse en parte o totalmente a través de los cambios teóricos. Es cierto que la vida de ciertos fenómenos es mucho más larga que la vida de cualquier teoría diseñada para explicarlos.

En cuanto al papel de las teorías en la experimentación la cuestión relevante no es sólo el rol desempeñado por ellas en el establecimiento de las propiedades de las entidades y, así, de los fenómenos, sino el estado de las teorías y si tenemos buenas razones para ser realistas acerca de ellas³⁶. Tal tipo de buenas razones han sido bien fundamentadas en

35. Como señala Massimi, “estamos justificados en creer en Quarks coloreados”; véase MASSIMI, M., “Non-defensible Middle Ground for Experimental Realism: Why we are Justified to Believe in Colored Quarks”, *Philosophy of Science*, v. 71, n. 1, (2004), p. 50.

36. De acuerdo a la bien conocida afirmación de Resnik: “the experimental realist can only have knowledge about theoretical entities if she assumes that the theories which describe those entities are at least approximately true”; véase RESNIK, D. B., “Hacking’s Experimental Realism”. En CURD, M. y COVER, J. A. (eds), *Philosophy of Science: The Central Issues*, W. V. Norton and Company, New York, 1994, p. 395.

Bibliografía

AGAZZI, E., “Problemi di epistemologia contemporanea”, *Quaderni Della Società Filosofica Italiana*, n. 1-2, (1979), pp. 5-61.

términos del realismo selectivo, por autores como, entre otros, Leplin, Worrall, Psillos, Cordero o Kitcher —y su argumento optimista³⁷.

4. Conclusiones

Volviendo a las preguntas formuladas al principio de este trabajo, y de acuerdo con el enfoque epistemológico sostenido, podemos afirmar que: a) los experimentos virtuales con objetos semi-materiales son un recurso que aumenta el conocimiento científico al proporcionar información relevante de los sistemas materiales, puesto que los resultados obtenidos puede extenderse a estos sistemas; b) en el caso de experimentos con representaciones altamente idealizadas, básicamente se derivan resultados inherentes al modelo de manera similar a las operaciones en modelos matemáticos. Es posible extender los resultados a los sistemas materiales pero de forma bastante parcial y, además, en ocasiones de estos sistemas sólo se dispone de modelos. En estos casos el conocimiento obtenido es muy hipotético y tentativo. Como se ha argumentado, la situación es diferente con los experimentos del primer tipo (con objetos semi-materiales). Se puede ser realista con respecto al comportamiento y propiedades de estructuras cuya representación es muy precisa y verosímil, y los resultados de la simulación satisfacen ciertas condiciones respecto al sistema material. Pero hay que señalar también, que los experimentos con representaciones muy idealizadas constituyen un recurso científico importante, ya que permiten mejorar la comprensión de sistemas materiales altamente complejos y no muy bien entendidos, y ayudan a definir ciertas relaciones y a formular hipótesis, como ocurre en el caso de la evolución de nuestra galaxia.

Finalmente, señalar que lo que se deriva de la argumentación desarrollada en este artículo, es que los experimentos virtuales más que implicar nuevas epistemologías, plantean nuevos desafíos a las epistemologías existentes.

37. LEPLIN, J., *A Novel Defense of Scientific Realism*, Oxford University Press, Oxford, 1997; WORRALL, J., “Structural Realism: The Best of Both Worlds?”, *Dialectica* 43, (1989), pp. 99-124; PSILLOS, S., *Scientific Realism*, Routledge, Londres, 1999; CORDERO, A., “Scientific Realism and the *Divide et Impera* Strategy: The Ether Saga Revisited”, *Philosophy of Science*, v. 78, (2011), pp. 1120-1130; CORDERO, A., “Retention, Truth-Content and Selective Realism”. En AGAZZI, E. (ed), *Varieties of Scientific Realism. Objectivity and Truth in Scientific Realism*, Springer, Dordrecht, 2017, pp. 245-256; KITCHER, PH., *The Advancement of Science*, Oxford University Press, Oxford, 1993.

- AGAZZI, E., "Il significato dell'oggettività nel discorso scientifico". En MINAZZI, F. (ed), *L'oggettività della conoscenza scientifica*, Ed. Franco Angeli, Milán,(1996), pp. 19-35.
- AGAZZI, E. (ed), *Varieties of Scientific Realism. Objectivity and Truth in Scientific Realism*, Springer, Dordrecht, 2017.
- BOGEN, J. y WOODWARD, J., "Saving the Phenomena", *Philosophical Review*, v. 97, (1988), pp. 303-352.
- CORDERO, A., "Scientific Realism and the *Divide et Impera* Strategy: The Ether Saga Revisited", *Philosophy of Science*, v. 78, (2011), pp. 1120-1130.
- CORDERO, A., "Retention, Truth-Content and Selective Realism", en AGAZZI, E. (ed), *Varieties of Scientific Realism. Objectivity and Truth in Scientific Realism*, Springer, Dordrecht, 2017, pp. 245-256.
- CURD, M. y COVER, J. A. (eds), *Philosophy of Science: the Central Issues*, W. V. Norton and Company, New York, 1994.
- FERREIRÓS, J., "Hacia una filosofía de la experimentación", *Crítica. Revista Hispanoamericana de Filosofía*, v. 34, nº 102, (2002), pp. 47-86.
- GÓMEZ, A., *Filosofía y metodología de las ciencias sociales*, Alianza Editorial, Madrid, 2003.
- GÓMEZ, A., "Causation and Scientific Realism: Mechanisms and Powers without Essentialism", en AGAZZI, E. (ed). *Varieties of Scientific Realism. Objectivity and Truth in Scientific Realism*, Springer, Dordrecht, 2017, pp. 367-383.
- GONZÁLEZ, W. J., "El realismo y sus variedades: El debate actual sobre las bases filosóficas de la Ciencia", en CARRERAS A. (ed), *Conocimiento, Ciencia y Realidad*, Seminario Interdisciplinar de la Universidad de Zaragoza-Ediciones Mira, Zaragoza, 1993, pp. 11-58.
- GONZÁLEZ, W. J., "The Philosophical Approach to Science, Technology and Society", en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Science Technology and Society: A Philosophical Perspective*, Netbiblo, A Coruña, 2005, pp. 3-49.
- HACKING, I., *Representing and Intervening. Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*, Cambridge University Press, Cambridge, 1983.
- KELLER, E. F., "Models, Simulation, and 'Computer Experiments'", en RADDER, H. (ed), *The Philosophy of Scientific Experimentation*, University of Pittsburgh Press, Pittsburgh, 2003, pp. 198-215.
- KITCHER, PH., *The Advancement of Science*, Oxford University Press, Oxford, 1993.
- LEPLIN, J., *A Novel Defense of Scientific Realism*, Oxford University Press, Oxford, 1997.
- LONGINO, H., *Science as Social Knowledge*, Princeton University Press, Princeton, 1990.
- MASSIMI, M., "Non-defensible Middle Ground for Experimental Realism: Why we are Justified to Believe in Colored Quarks", *Philosophy of Science*, v. 71, n. 1, (2004), pp. 36-60.
- MASSIMI, M., "Saving Unobservable Phenomena", *The British Journal for the Philosophy of Science*, v. 58, (2007), pp. 235-262.
- MORGAN, M. S. y MORRISON, M. (eds), *Models as Mediators: Perspectives on Natural and Social Science*, Cambridge University Press, Cambridge, 1999.
- MORGAN, M. S., "Model Experiments and Models in Experiments", en MAGNANI, L. y NERSESSIAN N. J. (eds), *Model-Based Reasoning: Science, Technology, Values*, Kluwer /Plenum, New York, 2002, pp. 41-58.
- MORGAN, M. S., "Experiments without Intervention: Model Experiments, Virtual Experiments and Virtually Experiments", en RADDER, H. (ed), *The Philosophy of Scientific Experimentation*, University of Pittsburgh Press, Pittsburgh, 2003, pp. 216-235.
- MORGAN, M. S., "Experiments versus Models: New Phenomena, Inference and Surprise", *Journal of Economic Methodology*, v. 12, n. 2, (2005), pp. 317-329.
- MORGAN, M. S. y QIN, D., "Econometrics, History of", en WRIGHT, J. D. (ed), *International Encyclopedia of Social and Behavioral Sciences*, Elsevier, Ámsterdam, 2015, pp. 4065-4069.
- PESCHEL, M. F. y SCHEUTZ, M., "Explicating the Epistemological Rol of Simulation in the Development of Theories of Cognition", en KORTA, K. y LARRAZABAL, J. M. (eds), *Truth, Rationality, Cognition and Music: Proceedings of 7th International Colloquium of Cognitive Science*, Kluwer, Dordrecht, 2004, pp. 274-281.
- PSILLOS, S., *Scientific Realism*, Routledge, Londres, 1999.
- RADDER, H. (ed), *The Philosophy of Scientific Experimentation*, Pittsburgh University Press, Pittsburgh, 2003.
- RESNIK, D. B., "Hacking's Experimental Realism", en CURD, M. y COVER, J. A. (eds), *Philosophy of Science: The Central Issues*, W. V. Norton and Company, New York, 1994, pp. 1153-1168.
- SHAPER, D., "Astronomy and Anti-Realism", *Philosophy of Science*, v. 60, (1993), pp.134-150.
- ZEIDLER, P. y SOBCZYNSKA, D., "The Idea of Realism in the New Experimentalism and the Problem of Existence of Theoretical Entities in Chemistry", *Foundations of Science*, v. 1, n. 4, (1995), pp. 517-535.
- WORRALL, J., "Structural Realism: The Best of Both Worlds?", *Dialectica*, v. 43, (1989), pp. 99-124.

Cambio conceptual y diversidad científica: El papel de la historicidad en la dinámica de la Ciencia

Conceptual Change and Scientific Diversity:
The Role of Historicity in the Dynamics of Science

Wenceslao J. González

Universidad de A Coruña (España)
E-mail: wenglez@udc.es

Resumen: Uno de los problemas filosófico-metodológicos más importantes es la caracterización de la dinámica científica, que es clave para entender el avance científico. Tras presentar la dinámica de la Ciencia en conexión con el cambio científico y la diversidad conceptual, se analiza la dualidad “evolución”-“revolución” como esquema interpretativo para el cambio científico. El análisis pone de relieve que esa distinción es insuficiente para captar la dinámica de la Ciencia y se aborda el problema de la historicidad, centrado en el enfoque cognitivo. Se muestra que esta postura del *Cognitive approach* tiene dificultades para afrontar la historicidad, lo que supone una limitación importante, pues la historicidad atañe a tres niveles sucesivos: la Ciencia, los agentes y la propia realidad investigada.

Más tarde se estudian las cuestiones acerca de la especificidad del contenido cognitivo y el papel del sujeto cognoscente, que son claves para la relación entre historicidad y objetividad en la Ciencia. Posteriormente, se profundiza en la historicidad y el cambio de contenido cognitivo, para lo que se analiza la propuesta de las revoluciones conceptuales en la Ciencia de Paul Thagard. Esto supone considerar la contribución ontológica de la Ciencia en cuanto actividad humana que ofrece una imagen detallada de lo real, donde cabe reconocer una historicidad “interna” y una historicidad “externa”. A continuación, se indaga en el papel de los conceptos y el nexo con lo histórico concreto. A tal efecto, se contempla el esquema conceptual de los sujetos de experiencias científicas. Después, se realiza una evaluación de los planteamientos de los autores analizados, para concluir con una coda con reflexiones finales sobre la dinámica científica.

Palabras clave: cambio conceptual, dinámica científica, historicidad, objetividad, contenido cognitivo, revoluciones conceptuales.

Abstract: Among the most important philosophico-methodological problems is the characterization of scientific dynamics, which is crucial for understanding the advancement of science. After presenting the dynamics of science in connection with scientific change and conceptual diversity, there follows an analysis of the duality “evolution”-“revolution” as the interpretative scheme of scientific change. The analysis highlights that this distinction is insufficient to grasp the dynamics of science, and the problem of historicity is discussed, focusing on the cognitive approach. It is shown that this position of the cognitive approach has difficulties in dealing with historicity, which involves an important limitation, because historicity has effects at three consecutive levels: science, agents, and the reality itself researched.

Thereafter, there is a study of the issues on the specificity of cognitive content and the role of the knowing subject, which are crucial for the relationship between historicity and objectivity in science. Subsequently, the analysis goes more deeply into historicity and the change of cognitive content, considering Paul Thagard's proposal of conceptual revolutions in science. This includes taking into account the ontological contribution of science as a human activity that offers a detailed image of the real, where an “internal” historicity and an

“external” historicity can be recognized. Then, there is a survey in the role of concepts and the nexus with what is historically concrete. In this regard, the conceptual scheme of the subjects of scientific experiences is contemplated. Later, there is an evaluation of the views of the authors analyzed in order to conclude with a coda with some final reflections on the scientific dynamics.

Keywords: conceptual change, scientific dynamics, historicity, objectivity, cognitive content, conceptual revolutions.

1. El problema de la caracterización de la dinámica científica

Para analizar el problema de cómo caracterizar la *dinámica científica*, que es clave para entender el avance de la Ciencia¹, hay que tener en cuenta, por un lado, la aportación de la Historia de la Ciencia, que refleja la trayectoria de las ideas y de los hechos acontecidos, y, por otro, la contribución de la Filosofía de la Ciencia, que reflexiona sobre el ser y el deber ser de la actividad científica. Dentro de este marco dual, el problema de la dinámica científica —visto desde el cambio conceptual y su repercusión en la diversidad científica— se ha centrado con frecuencia en la distinción entre “evolución” y “revolución”².

Una primera diferencia entre esas dos expresiones de cambio tiene raíces claras en la *Historia de la Ciencia*, donde caracterizan dinámicas distintas³. Pero, tanto la evolución como la revolución comportan la “flecha del tiempo” en la actividad científica, que puede ser vista respecto del pasado, acerca del momento actual o apuntando hacia el futuro. Así, aun cuando tienen una trayectoria diferente, las dos necesitan el factor temporal para desarrollar su dinámica. Su

1. La dinámica de la Ciencia no es directamente reducible a la caracterización como avance de la Ciencia, en la medida en que el *avance científico* supone de suyo un incremento positivo, que se da entre dos momentos considerados. El avance puede ser *multivariado*, pues el incremento puede tener lugar, entre otros, en términos conceptuales (como aportaciones en Ciencia Básica en cuanto a marcos teóricos, teorías, modelos o hipótesis), prácticos (como soluciones de Ciencia Aplicada), sociales (como mejoras en la aplicación de la Ciencia) o institucionales (como Ciencia bien organizada en centros especializados). Mientras tanto, la *dinámica científica* es, en principio, más genérica, toda vez que no todo cambio en la Ciencia —incluido el conceptual— comporta *eo ipso* un avance científico.

2. Cabe también otra posibilidad: pensar que algo pueda ser, al mismo tiempo, evolucionario y revolucionario. Se ha sugerido esta opción respecto del proceso de “cambio conceptual”, entendido como un proceso evolutivo de aprendizaje y un cambio revolucionario de paradigma. Cfr. KEINY, S., “‘Conceptual Change’ as Both Revolutionary and Evolutionary Process”, *Teachers and Teaching*, v. 14, n. 1, (2008), pp. 61-72.

3. Un ejemplo ilustrativo de la revolución más reciente, relacionada con la información, lo ofrece FLORIDI, L., *The Fourth Revolution - How the Infosphere is Reshaping Human Reality*, Oxford University Press, Oxford, 2014.

despliegue en el tiempo está abierto, en principio, a que haya formas de diversidad científica variadas, que pueden ser conceptualmente complementarias o bien contrapuestas⁴.

Paralelamente, hay una desemejanza *filosófico-metodológica* entre evolución y revolución. Vistas desde el ángulo metodológico, sus procesos siguen rutas distintas, de modo que configuran caracterizaciones diferentes de la dinámica de la Ciencia (sea Básica, Aplicada o aplicación de la Ciencia)⁵. Consideradas en clave epistemológica, evolución y revolución portan contenidos cognitivos que originan de suyo un grado de diversidad bien distinto, puesto que —como sucede en el caso de la revolución— puede llevar a la incompatibilidad conceptual. Con todo, evolución y revolución pueden, en principio, estar relacionadas con la posibilidad de progreso científico, incluyendo la concepción de progreso en la Ciencia donde la historicidad puede encajar con la objetividad⁶.

4. La dinámica científica, en general, y la complejidad dinámica, en particular, se puede enfocar desde tres nociones principales: “proceso”, “evolución” o “historicidad”. Un análisis del caso de las Ciencias de Diseño se encuentra en GONZÁLEZ, W. J., “The Sciences of Design as Sciences of Complexity: The Dynamic Trait”, en ANDERSEN, H., DIEKS, D., GONZÁLEZ, W. J., UEBEL, TH. y WHEELER, G. (eds), *New Challenges to Philosophy of Science*, Springer, Dordrecht, 2013, pp. 299-311.

Un ejemplo ilustrativo de historicidad, debido en buena medida a factores externos, se encuentra en la dinámica de la Inteligencia Artificial a partir de las aportaciones de Alan Turing. Sus aportaciones conceptuales a la Ciencia Básica fueron después particularmente útiles para hacer Ciencia Aplicada —la solución a problemas concretos— y propiciar innovación tecnológica. Cfr. HODGES, A., *Alan Turing: The Enigma*, Vintage Books/Random House, Londres, 2014.

5. Sobre la distinción entre Ciencia Básica, Ciencia Aplicada y aplicación de la Ciencia, véase GONZÁLEZ, W. J., “The Roles of Scientific Creativity and Technological Innovation in the Context of Complexity of Science”, en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Creativity, Innovation, and Complexity in Science*, Netbiblo, A Coruña, 2013, pp. 11-40; en especial, pp. 17-18. Un estudio histórico sobre el modo de entender la distinción Ciencia Básica-Ciencia Aplicada se encuentra en ROLL-HANSEN, N., “A Historical Perspective on the Distinction Between Basic and Applied Science”, *Journal for General Philosophy of Science*, v. 48, n. 4, (2017), pp. 535-551.

6. Durante muchos años ha habido un debate sobre los rasgos propios del “progreso científico”. Desde un punto de vista temático, un análisis de sus características se ofrece en GONZÁLEZ, W. J., “Progreso científico, autonomía de la Ciencia y realismo”,

Rasgo compartido por ambas descripciones de la dinámica científica —evolución y revolución— es su conexión con cambios conceptuales en la Ciencia. A este respecto, algunos pensadores del enfoque cognitivo han resaltado la relevancia del análisis de los *cambios conceptuales*. Han aceptado la existencia en la Historia de la Ciencia de la diversidad científica sobre la base de factores cognitivos como los conceptos. Así, en las últimas décadas, esta postura ha llevado a la consideración de la existencia de “revoluciones conceptuales” en la Ciencia⁷.

Forma parte esta posición de las propuestas filosófico-metodológicas que plantean una “revolución cognitiva” (*cognitive revolution*)⁸ o un “giro cognitivo” (*cognitive turn*)⁹. Esta orientación contemporánea acerca de la Ciencia se articula como una postura con una componente naturalista, que está abierta al énfasis en los conceptos como clave del contenido cognitivo. Es un planteamiento que ha intentado llenar el hueco que se atribuye a las orientaciones anteriores, tales como las concepciones lógico-metodológicas —muy influyentes por espacio de cuatro décadas: desde los años 20 a los 60 del siglo XX— o, incluso, las perspectivas del “giro histórico”, que fue dominante en las décadas de 1960 y 1970.

Con todo, a pesar de los intentos de lidiar con las “revoluciones conceptuales”, el enfoque cognitivo tiene dificultades para afrontar el problema de la *historicidad* de la dinámica científica¹⁰, con su doble vertiente

—interna y externa— y las interacciones entre ambas. A veces, parece que se ignora este problema de la historicidad en importantes publicaciones de este campo¹¹, mientras que, en otros casos, hay una aceptación implícita a través de la variación de contextos situacionales¹².

Este fenómeno es particularmente relevante, porque la historicidad está relacionada con tres componentes principales de la dinámica científica: (i) la Ciencia en cuanto que *actividad nuestra* (social e intencional, que concede especial importancia a los objetivos cognitivos y se desarrolla en entornos organizativos cambiantes); (ii) los *agentes*, quienes hacen la Ciencia y, a la vez, pueden ser objeto de la Ciencia —en sí mismos y en sus interrelaciones a través del tiempo—; y (iii) la *realidad misma estudiada* (de modo habitual, la social y la artificial) y donde hay una interacción dinámica entre los agentes y la realidad investigada, que genera también cambios (como sucede, por ejemplo, con el calentamiento global de origen humano y el consiguiente efecto en el cambio climático).

Cuando el problema de la historicidad de la dinámica científica es vista desde la perspectiva de los *conceptos* —que ciertamente incide en las categorías—, el aspecto clave es la posibilidad de enunciar la existencia de la historicidad en el contenido cognitivo —que insiste en la variación de la componente epistemológica de la Ciencia— y, al mismo tiempo, que el carácter histórico señalado —en cualquiera de los tres componentes principales indicados: la Ciencia, los agentes y la realidad misma estudiada— no es incompatible con la presencia de objetividad (en ese mismo conocimiento).

En consecuencia, tras establecer el marco donde se sitúa el problema de la caracterización del problema

Arbor, v. 135/ n° 532, (1990), pp. 91-109; en especial, pp. 96-100. Una perspectiva histórica, centrada en los análisis filosóficos realizados desde los años 80 en adelante, se encuentra en GONZÁLEZ, W. J., “Novelty and Continuity in Philosophy and Methodology of Science”, en GONZÁLEZ, W. J. Y ALCOLEA, J. (eds), *Contemporary Perspectives in Philosophy and Methodology of Science*, Netbiblo, A Coruña, 2006, pp. 1-28; en especial, pp. 4-5, 13 y 15-16.

7. Cfr. THAGARD, P., *Conceptual Revolutions*, Princeton University Press, Princeton, 1992.

8. Cfr. SIMON, H. A., “Mind as Machine: The Cognitive Revolution in Behavioral Science”, en JESSOR, R. (ed), *Perspectives in Behavioral Science: The Colorado Lectures*, Westview Press, Boulder, CO, 1991, cap. 3; y NERSESSIAN, N. J., “Kuhn and the Cognitive Revolution”, *Configurations*, v. 6, (1998), pp. 87-120. La “revolución cognitiva” ha tenido también consecuencias para Ciencias concretas, como la Economía, cfr. EGIDI, M. Y MARRIS, R. (eds), *Economics, Bounded Rationality and the Cognitive Revolution*, E. Elgar, Aldershot and Brookfield, VT, 1992.

9. Cfr. ANDERSON, J. R., *The Architecture of Cognition*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1983; GOLDMAN, A., *Epistemology and Cognition*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1986; GIERE, R. N., *Explaining Science: A Cognitive Approach*, The University of Chicago Press, Chicago, 1988; SIMON, H. A., “Cognitive Architectures and Rational Analysis: Comment”, en VANLEHN, K. (ed), *Architectures for Intelligence*, Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1991, cap. 2, pp. 20-24; y SIMON, H. A. Y WALLACH, D., “Cognitive Modeling in Perspective” [Editorial], *Kognitionswissenschaft*, v. 8, n. 1, (1999), pp. 1-4.

10. Véase, a este respecto, GONZÁLEZ, W. J., “The Problem of Conceptual Revolutions at the Present Stage”, en GONZÁLEZ, W.

J. (ed), *Conceptual Revolutions: From Cognitive Science to Medicine*, Netbiblo, A Coruña, 2011, pp. 7-38. Este capítulo tiene una amplia selección bibliográfica, distribuida en tres bloques temáticos: “Scientific Change: Historicity, Evolution and Revolution”, pp. 24-29; “On Revolutions in Science”, pp. 29-33; y “Conceptual Change and Conceptual Revolutions”, pp. 33-38.

11. Cfr. GOLDMAN, A. I. (ed), *Readings in Philosophy and Cognitive Science*, The MIT Press, Cambridge, 1993. En este libro, de 38 capítulos y 860 páginas, no hay en el índice temático una entrada sobre aspectos relacionados con la historicidad.

12. Véase, por ejemplo, THAGARD, P. (ed), *Philosophy of Psychology and Cognitive Science*, Elsevier, Amsterdam, 2007. Resulta llamativo que, dentro del conjunto total de las contribuciones hechas en el volumen (502 páginas), los aspectos históricos aparezcan muy pocas veces y que sea, principalmente, en cuanto “contexto histórico” (pp. 413, 415, y 421-422). A este respecto, el énfasis parece estar en los factores externos: tenemos una “cognición situada” (*situated cognition*) y, en tal caso, la cognición humana depende del contexto, lo que incluye contingencias históricas: “El conocimiento es, a menudo, relativo a un contexto temporal, histórico”, SOLOMON, M., “Situated Cognition”, en THAGARD, P. (ed), *Philosophy of Psychology and Cognitive Science*, p. 421.

de la dinámica de la Ciencia, este artículo da varios pasos para ofrecer una solución: I) Considera el esquema habitual de cambios conceptuales: evolución y revolución, donde las variaciones propias de la evolución comportan ordinariamente una diversidad conceptual distinta de la “historicidad”¹³. II) Caracteriza el *contexto* de la historicidad en el ámbito del enfoque cognitivo. III) Conecta este contexto con cuestiones acerca de la especificidad del contenido y el papel del sujeto cognitivo, que ha de ser considerado. IV) Analiza la cuestión de cómo entender el cambio del contenido cognitivo, tarea que desarrolla a través de la reflexión acerca de las *revoluciones conceptuales* en la Ciencia. V) Gira la atención hacia el papel de los *conceptos*, pues constituyen el nexo con lo histórico concreto (natural, social o artificial). Así, los investigadores usan conceptos para entender que hay algo real que cambia de modo inteligible. VI) Para evaluar sus contribuciones, hay diversas consideraciones acerca de las perspectivas de los autores analizados en este artículo. VII) La coda final añade unas reflexiones sobre la solución del problema inicial planteado, que es cómo caracterizar la dinámica científica.

2. El esquema interpretativo más frecuente para el cambio científico: Evolución y revolución

Frecuentemente, el debate acerca del cambio científico ha seguido dos direcciones distintas para su interpretación: a) como una *evolución* a partir de estados anteriores, que da lugar a variaciones graduales y mutaciones —como la emergencia de un nuevo concepto o el surgimiento de un nuevo fenómeno—, y b) como una *revolución* en comparación con la situación previa o las posturas dominantes, bien sean acerca del pasado o del presente, que genera variaciones de fondo, que pueden llegar a la incompatibilidad conceptual entre lo nuevo propuesto y lo anteriormente aceptado.

2.1 Líneas evolucionistas y cambios en términos de revoluciones

Evolución y revolución suelen ser vistas como

13. Hay muchos estudios que usan constantemente la noción de “evolución” y no prestan atención alguna a la “historicidad”. Un ejemplo se encuentra en la investigación sobre sistemas complejos y un conjunto de casos relacionados con la evolución (de la materia, de la vida, de mente-cerebro, de la computación, de la vida artificial, de la Economía, de la cultura humana y de la sociedad), cfr. MAINZER, K., *Thinking in Complexity. The Computational Dynamics of Matter, Mind, and Mankind*, Springer, Berlín, 5ª ed., 2007.

concepciones filosófico-metodológicas claramente diferentes en torno a los modos de desarrollo de la Ciencia: ofrecen, en efecto, dos dinámicas distintas de la actividad científica (sea acerca de la Naturaleza, de índole social o de carácter artificial)¹⁴. En este ámbito, en consonancia con la distinción comentada, surgen a menudo dos esquemas filosófico-metodológicos: el progreso científico asociado a la idea de un importante grado de continuidad en el desarrollo de la Ciencia, en el primer caso, y el avance de la Ciencia vinculado a claras formas de discontinuidad —que incluyen expresiones de ruptura manifiesta—, en el segundo caso.

No obstante, cambiar en términos de “evolución”, a partir de un estado previo de la Ciencia (esto es, sin que haya habido una clara quiebra con respecto a la situación anterior), también puede expresar cosas por completo diferentes¹⁵, especialmente cuando el análisis contempla planteamientos clave de tipo epistemológico y metodológico. Así, I) la evolución puede ser el desplegarse científico desde contenidos precedentes, donde todavía hay un *hilo conductor* —con base lógica— entre los contenidos pasados y los presentes, o II) puede ser un paso hacia delante *más radical*, como una “evolución darwiniana”, que incluye un árbol del conocimiento abierto hacia el futuro y que hace el resultado futuro más difícil de predecir.

Algunos enfoques filosófico-metodológicos influyentes pueden ser descritos a tenor de estas líneas evolucionistas. Por un lado, cabe una evolución de la Ciencia entendida como un desarrollo con dominio de lo acumulativo. En tal caso, el progreso científico aparece caracterizado básicamente de modo lineal. Este tipo de continuidad científica fue normalmente asumida en propuestas de los positivistas lógicos o, incluso, de los empiristas lógicos¹⁶. Y, por otro lado, cabe una caracterización de la Ciencia que se asemeja a la “evolución darwiniana”, en la medida en que hay

14. Sobre el ámbito de las Ciencias de lo Artificial, que engloban las Ciencias de Diseño, véase SIMON, H. A., *The Sciences of the Artificial*, 3ª ed., The MIT, Cambridge, MA, 1996.

15. Un amplio elenco de los usos de “evolución” se encuentran en GONZÁLEZ, W. J., “Evolutionism from a Contemporary Viewpoint: The Philosophical-Methodological Approach”, en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Evolutionism: Present Approaches*, Netbiblo, A Coruña, 2008, pp. 3-59; en especial, pp. 4-5, 7-10, 12-13, 17-18, 21-24, 31, 35-36, 40 y 45. Véase también BOWLER, P. J., *Evolution: The History of an Idea*, University of California Press, Berkeley, 1983; tercera edición, completamente revisada y ampliada, en 2003.

16. Históricamente, ha habido al menos tres enfoques metodológicos sucesivos basados en una visión acumulativa del progreso científico: son los elaborados a partir de las nociones de “verificación”, “verificabilidad” y “confirmación empírica”. Cfr. SUPPE, F., “The Search for Philosophic Understanding of Scientific Theories”, en SUPPE, F. (ed), *The Structure of Scientific Theories*, University of Illinois Press, Urbana, 1974 (2ª ed. 1977), pp. 1-241; en especial, pp. 16-56. Estas concepciones pueden encajar en algunas versiones de “evolución” de los conceptos científicos.

factores tales como la selección de teorías y una especie de árbol del conocimiento ramificado, abierto hacia el futuro. De hecho, hay algunas versiones de Epistemología evolutiva que pueden ser asociadas a este tipo de planteamientos, aunque, a veces, hay posiciones que están más cerca de posturas al estilo de Lamarck que al modo de Darwin¹⁷.

Mientras tanto, un cambio científico entendido en términos de “revolución” también tiene diversas posibilidades. Entre ellas están dos versiones de concepciones filosófico-metodológicas muy conocidas: (i) las “revoluciones científicas” de Thomas Kuhn y (ii) las “revoluciones conceptuales” de Paul Thagard¹⁸. A este respecto, en la neta revolución kuhniana de su periodo historiográfico inicial¹⁹, los cambios de paradigma son radicales, afectan a cuestiones centrales en la Ciencia —como ley, teoría, aplicación e instrumentación— y dependen del contexto (principalmente, de las comunidades científicas).

Expresamente, en su libro *The Structure of Scientific Revolutions*, Kuhn acepta algunas semejanzas entre las revoluciones en la Ciencia y las revoluciones políticas²⁰. Además, los cambios kuhnianos insisten en un cierto modo de perspectiva “externa”, en cuanto que dependen directamente de decisiones de las comunidades científicas. Ellas hacen las revoluciones en la Ciencia mediante “cambios de paradigmas”, donde resultan incompatibles los contenidos previos y los planteamientos posteriores. De manera clara, las “revoluciones conceptuales” de Thagard ofrecen una alternativa a esa posición y desde un énfasis en lo “interno”. Se basa en una serie de cambios cognitivos

17. Entre las concepciones epistemológicas basadas en raíces evolucionistas se encuentra CAMPBELL, D. T., “Evolutionary Epistemology”, en SCHILPP, P. A. (ed), *The Philosophy of Karl Popper*, Open Court, La Salle, IL, 1974, vol. 1, pp. 413-463. Los planteamientos evolucionistas también se han utilizado en Ciencias como la Economía. A este respecto, sobre evolución hay interesantes reflexiones en: HODGSON, G. M., “Is Social Evolution Lamarckian or Darwinian?”, en LAURENT, J. y NIGHTINGALE, J. (eds), *Darwinian and Evolutionary Economics*, E. Elgar, Cheltenham, 2001, pp. 87-120.

18. Un estudio de ambas posturas y su comparación se lleva a cabo en GONZÁLEZ, W. J., “The Problem of Conceptual Revolutions at the Present Stage”, en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Conceptual Revolutions: From Cognitive Science to Medicine*, pp. 7-38; en especial, pp. 8-21.

19. En Kuhn se pueden distinguir tres concepciones filosófico-metodológicas sucesivas, la primera de las cuales es la más conocida. Cfr. GONZÁLEZ, W. J., “Las revoluciones científicas y la evolución de Thomas S. Kuhn”, en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Análisis de Thomas Kuhn: Las revoluciones científicas*, Trotta, Madrid, 2004, pp. 15-103.

20. Cfr. KUHN, TH. S., *The Structure of Scientific Revolutions*, International Encyclopedia of Unified Science: Foundations of the Unity of Science, v. 2, n. 2, The University of Chicago Press, Chicago, 1962 (2ª ed., 1970); en especial, pp. 92-94.

realizados mediante variaciones en los conceptos científicos²¹.

2.2 Variaciones y diversidad científica

Por lo general, estas concepciones de cambio científico —evolución y revolución— son vistas desde la perspectiva del grado o “intensidad” en el nivel de modificaciones introducidas a través del desarrollo de la Ciencia. Es ciertamente mayor en el caso de la revolución, en cuanto a la novedad —que, en la Ciencia Básica, puede ser teórica, empírica o heurística—, que puede ser novedad radical (respecto de los supuestos, en cuanto a los contenidos o acerca de los límites). Pero hay otras diferencias relevantes en el cambio científico, que se deben al tipo de variación introducida en una Ciencia en particular (Física, Biología, Economía, etc.). Esas diferencias pueden ser tanto retrospectivas como prospectivas.

Estas variaciones —las generales, relacionadas con marcos teóricos, o las específicas, asociadas a teorías concretas— pueden llevar a la *diversidad científica*, a tenor de dos direcciones principales: la interna y la externa. Así, las variaciones pueden resaltar los elementos internos de la Ciencia como actividad humana (lenguaje, estructura, conocimiento, métodos, etc.) o pueden destacar como más relevantes a los factores externos que rodean a la actividad científica (sociales, económicos, culturales, ecológicos, políticos, etc.).

Si el acento se pone en lo primero —los elementos internos de la Ciencia—, entonces el papel de los *cambios conceptuales* es ciertamente más importante que en el segundo caso, cuando se da más relevancia a los factores externos. Así, el análisis de la diversidad científica basada en cambios conceptuales tiene en cuenta primordialmente los elementos constitutivos de ese quehacer humano (lenguaje, estructura, conocimiento, métodos, etc.)²². Lo hace para captar las variaciones, tanto reales como posibles, de la actividad científica. En consecuencia, cuando el foco se pone ahí —en las modificaciones introducidas por conceptos—, los otros aspectos que rodean la actividad científica (sociales, económicos, culturales, ecológicos, políticos, etc.) solo juegan un papel secundario.

Estas opciones acerca de los cambios en la Ciencia

21. Cfr. THAGARD, P., *Conceptual Revolutions*, pp. 6-9 and 13-33.

22. La insistencia en poner “métodos” en plural es para resaltar que, en rigor, no hay universalismo metodológico. Cfr. GONZÁLEZ, W. J., “Methodological Universalism in Science and its Limits: Imperialism versus Complexity”, en BRZECHCZYN, K. y PAPRZYCKA, K. (eds), *Thinking about Provincialism in Thinking*, Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities, vol. 100, Rodopi, Ámsterdam/Nueva York, 2012, pp. 155-175.

y la diversidad científica —principalmente, evolución o revolución, enfocadas de modo interno o de manera externa— asumen que la diversidad científica varía mucho a tenor de la concepción usada para entender los cambios conceptuales. Así, si la Historia de la Ciencia se toma en serio para hacer Filosofía y Metodología de la Ciencia, entonces la mera *evolución* —sea del modo acumulativo o en la forma de un árbol ramificado— parece insuficiente para captar la diversidad científica que podemos ver en la Ciencia hoy en día. Pero algunas versiones de *revolución* científica van demasiado lejos, como sucede con la caracterización inicial kuhniana de las revoluciones²³, que describe un cambio científico relativista que va a hombros de comunidades científicas intrínsecamente variables.

En la medida en que el foco se sitúa en las *revoluciones científicas* y la perspectiva adoptada en el análisis de la dinámica científica está abierta a la idea de posibles *contenidos objetivos* en la Ciencia, entonces hay una serie de cuestiones en liza. Entre ellas están algunas particularmente relevantes. (i) ¿Cómo distinguir entre una “evolución” y una “revolución” en Ciencia? (ii) ¿Cuál es el “núcleo” de una revolución científica? (iii) ¿Cómo afecta esto a la diversidad científica? Estas cuestiones son centrales en el análisis realizado en este artículo.

Prima facie, la distinción entre “evolución” y “revolución” se hace en términos de la intensidad en el cambio (en este caso, el cambio conceptual). Con frecuencia, es una cuestión de grado más que algo de tipo substancial o de índole “esencial”. Pero si el énfasis se pone en la *intensidad en el cambio*, entonces la distinción puede diluirse, en cuanto que no hay una frontera nítida entre ambas nociones. Mientras tanto, cuando hay la aceptación de *nuevas categorías* conectadas a *hechos nuevos*, entonces la diferencia es más clara que en el caso anterior. Las “categorías” son conceptos clave o raíces conceptuales que son relevantes para los ámbitos de cambio científico considerados (semántico, lógico, epistemológico, metodológico, ontológico, axiológico o ético).

Desde el punto de vista “interno”, el “núcleo” de

una revolución científica tiene un elemento central en los cambios conceptuales que llevan a nuevas categorías conectadas a hechos nuevos. A este respecto, las revoluciones conceptuales son entonces cambios conceptuales profundos, que comportan modificaciones categoriales en la Ciencia y que, en consecuencia, traen con ello la diversidad científica. Este aspecto incluye normalmente historicidad y un incremento en el nivel de complejidad del sistema considerado²⁴. Por lo general, las revoluciones conceptuales van ligadas a una “revolución cognitiva”, un nuevo foco de carácter intelectual que está conectado al desarrollo de las Ciencias Cognitivas.

Diversidad científica es, en efecto, un rasgo que requiere cambios conceptuales en la Ciencia. Pero no siempre el cambio comporta genuino avance científico (teórico, práctico, social, institucional, ...). A este respecto, la historicidad de los conceptos supera los frecuentes esquemas interpretativos de “evolución” y “revolución”. La Historia de la Ciencia nos muestra ejemplos de una gran variedad de opciones: (i) continuidad conceptual y discontinuidad conceptual, (ii) cambios lentos en los contenidos y cambios rápidos, (iii) cambios superficiales en algunos casos y cambios muy profundos en otros, (iv) creatividad conceptual y reinterpretación de conceptos previos, (v) cambios según niveles ontológicos (micro, meso y macro), (vi) cambios según marcos temporales (corto, medio o largo plazo), etc. En otras palabras, la distinción de “evolución” y “revolución” no encaja con el carácter multivariado de los conceptos científicos. Esto requiere una seria consideración de la “historicidad” del concepto y cómo los conceptos científicos están abiertos a la diversidad y la complejidad.

3. Contexto del problema de la historicidad en el enfoque cognitivo

Entre las cuestiones que plantea el enfoque cognitivo figura la dificultad que tiene habitualmente para articular el problema de la *historicidad*²⁵. Es un

23. La primera versión de las revoluciones científicas se encuentra en *The Structure of Scientific Revolutions*. La segunda cobra forma cuando revisa sus pensamientos acerca de los paradigmas (KUHN, TH. S., “Second Thoughts on Paradigms”, ponencia presentada en el Congreso de Urbana (Illinois), celebrado del 26 al 28 de marzo de 1969; trabajo compilado en SUPPE, F. (ed), *The Structure of Scientific Theories*, University of Illinois Press, Urbana, 1974 (2ª ed. 1977), pp. 459-482). La tercera corresponde a su etapa final, centrada en cuestiones relacionadas con el lenguaje (KUHN, TH. S., “Commensurability, Comparability, Communicability”, en ASQUITH, P. D. y NICKLES, TH. (eds), *PSA 1982. Proceedings of the 1982 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, vol. 2, Philosophy of Science Association, East Lansing, MI, 1983, pp. 669-688).

24. Sobre la noción de “complejidad” y sus tipos principales, véase RESCHER, N., *Complexity: A Philosophical Overview*, Transaction Publishers, New Brunswick, NJ, 1998, pp. 1-24. En el caso de Economía, puede verse GONZÁLEZ, W. J., “Complexity in Economics and Prediction: The Role of Parsimonious Factors”, en DIEKS, D., GONZÁLEZ, W. J., HARTMAN, S., STADLER, F., UEBEL, TH. y WEBER, M. (eds), *Explanation, Prediction, and Confirmation*, Springer, Dordrecht, 2011, pp. 319-330; y GONZÁLEZ, W. J., *Philosophico-Methodological Analysis of Prediction and its Role in Economics*, Springer, Dordrecht, 2015.

25. Esta sección y contenidos de las siguientes se basan en una versión revisada y ampliada de GONZÁLEZ, W. J., “El enfoque cognitivo en la Ciencia y el problema de la historicidad: Caracterización desde los conceptos”, *Letras (Universidad Nacional Mayor San Marcos, Perú)*, v. 79, n. 114, enero-diciembre (2008), pp. 51-80.

importante rasgo, que está presente en tres niveles sucesivos de análisis: la Ciencia, los agentes y la propia realidad investigada (sobre todo, social y artificial).

1) La historicidad (*Geschichtlichkeit/historicity*) es un rasgo de la Ciencia, en general, y de cada Ciencia, en particular. Por un lado, desde una perspectiva interna, la historicidad incumbe a los distintos elementos constitutivos de la Ciencia, como son el lenguaje, la estructura, el conocimiento, los métodos, la actividad, los fines y los valores²⁶. Por otro lado, desde una perspectiva externa, cada uno de esos elementos constitutivos está rodeado de un entorno externo que incide en ellos y modula sus cambios a través del tiempo. 2) La historicidad configura a los agentes que hacen la investigación científica, pues son, de suyo, seres humanos dentro de un marco histórico. Esa historicidad atañe a los propios investigadores y a las relaciones entre ellos dentro de un marco social o institucional. 3) La historicidad es una característica propia de la realidad misma que se investiga (sobre todo, en los ámbitos social y de lo artificial). Pero es también, paralelamente, una faceta de las relaciones dinámicas entre los investigadores y la realidad investigada, de modo más intenso en los casos social y artificial.

En cada uno de estos niveles —la Ciencia, los agentes y la realidad misma investigada— el *Cognitive approach* presenta perfiles que añaden dificultades adicionales para el problema de la historicidad. Primero, está el problema de la especificidad en cuanto al *contenido* propio del “cognitivismo”, puesto que el enfoque cognitivo se presenta, a menudo, como un ámbito temático interdisciplinar; pero, *de facto*, podría ser sencillamente un campo multidisciplinar (sin descartar el poder verlo en ocasiones como un terreno transdisciplinar). Segundo, está la cuestión de cómo entender el papel atribuible al *sujeto cognoscente* en la tarea cognoscitiva, pues el enfoque cognitivo también se ha propuesto conceder capacidad cognitiva a las máquinas²⁷, además de los seres humanos. Tercero, está la *dinámica misma de lo real*, especialmente en

el terreno social y artificial. Porque, con frecuencia, la realidad presenta una complejidad estructural, con diversos planos²⁸. A esta complejidad se une la complejidad dinámica, pues hay generalmente una variabilidad a través del tiempo —sobre todo, social y artificial—, que no se reduce a “procesos” o a “evolución”, sino que muestra una genuina historicidad²⁹, lo que dificulta conocer lo real con conceptos objetivos.

Visto el problema de la historicidad desde los conceptos, la clave está en poder afirmar que hay, de hecho, una historicidad en el contenido cognitivo y que, al mismo tiempo, el carácter histórico señalado —en cualquiera de los tres niveles: la Ciencia, los agentes y la realidad— no es incompatible con la objetividad. Pero esto supone, a su vez, tener una adecuada caracterización de los *conceptos*. Así, para afrontar los cambios que se dan en la Ciencia —con la existencia de errores reconocidos con posterioridad, como el éter o la generación espontánea—, la existencia de entornos sociales variables (épocas, culturas, civilizaciones, etc.), donde los agentes han de conocer, y la mutabilidad de las realidades mismas que tienen origen humano —lo social y lo artificial— no cabe una visión atemporal o a priori de los conceptos.

Si se mira dentro de las Ciencias Cognitivas, el problema de la historicidad enlaza con dos aspectos principales: a) las cuestiones sobre la *especificidad* del contenido cognitivo, a partir de la cual cabe plantear su variabilidad a través del tiempo, y b) la caracterización del papel del *sujeto* cognoscente, que ha de conocer en una situación dada (natural, social o artificial), que con frecuencia es cambiante. Así, en relación con el primer plano de problemas señalados, el cognitivismo —sobre todo en las versiones más influyentes— ha insistido de manera habitual en la interdisciplinariedad y, en buena medida, soslaya la multidisciplinariedad como opción relevante. Respecto del segundo plano de problemas, el enfoque cognitivo se centra normalmente en los agentes individuales. Suele ver como problemática la existencia de un “sujeto social” que sea poseedor de genuinas propiedades cognitivas.

Ahora bien, junto a la especificidad del contenido cognitivo y el papel del sujeto cognoscente, hay un

26. Sobre estos componentes de la Ciencia, véase GONZÁLEZ, W. J., “The Roles of Scientific Creativity and Technological Innovation in the Context of Complexity of Science”, en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Creativity, Innovation, and Complexity in Science*, pp. 11-40; en especial, pp. 15-17.

27. Cfr. SIMON, H. A., “Machine as Mind”, en FORD, K. M., GLYMOUR, C. y HAYES, P. J. (eds), *Android Epistemology*, AAAI/MIT Press, Menlo Park, CA, 1995, pp. 23-40. Sobre su concepción, véase KLAHR, D. y KOTOVSKY, K. (eds), *Complex Information Processing: Essays in Honor of Herbert A. Simon*, Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1989. Acerca de las diferencias entre la inteligencia humana y la Inteligencia Artificial, véase GONZÁLEZ, W. J., “From Intelligence to Rationality of Minds and Machines in Contemporary Society: The Sciences of Design and the Role of Information”, *Minds and Machines*, v. 27, n. 3, (2017), pp. 397-424. DOI: 10.1007/s11203-017-9439-0.

28. Respecto de la complejidad estructural, los principales tipos de complejidad son epistemológicos y ontológicos. Cada uno de los cuales tiene diversos modos de complejidad. Cfr. RESCHER, N., *Complexity: A Philosophical Overview*, pp. 1-24; en especial, pp. 8-21; y GONZÁLEZ, W. J., “Complexity in Economics and Prediction: The Role of Parsimonious Factors”, en DIEKS, D., GONZÁLEZ, W. J., HARTMAN, S., STADLER, F., UEBEL, TH. y WEBER, M. (eds), *Explanation, Prediction, and Confirmation*, pp. 319-330; en especial, sec. 2: pp. 321-325.

29. Cfr. GONZÁLEZ, W. J., “The Sciences of Design as Sciences of Complexity: The Dynamic Trait”, en ANDERSEN, H., DIEKS, D., GONZÁLEZ, W. J., UEBEL, TH. y WHEELER, G. (eds), *New Challenges to Philosophy of Science*, pp. 299-311; en especial, pp. 304-307.

tercer aspecto importante: *la dinámica misma de lo real*. Esta dinámica nos remite a “lo histórico”, que es una esfera explorada por la Ciencia de la Historia³⁰. Así, para articular el problema de la historicidad en el enfoque cognitivo, con la mirada puesta en la caracterización desde los conceptos, hay que tener en cuenta los niveles de análisis que versan sobre la Ciencia y los agentes, en cuanto que afrontan el conocimiento de lo real extramental (sea natural, social o artificial).

En suma, hay que atender al *contexto* del problema de la historicidad en el ámbito del cognitivismo. Esta faceta conecta con los dos aspectos relevantes señalados: las cuestiones acerca de la especificidad del contenido y el papel del sujeto cognoscente. Después, hay que profundizar en cómo entender el cambio de contenido cognitivo. Es una tarea que se realiza aquí a través de la consideración de las *revoluciones conceptuales* en la Ciencia. Más tarde, se acude expresamente al cometido de los *conceptos*, en cuanto nexos con lo histórico concreto, pues los investigadores utilizan conceptos para hacer inteligible lo real que cambia. Posteriormente, se completa el artículo con unas consideraciones sobre los planteamientos de los principales autores analizados, para evaluar sus aportaciones.

4. Las cuestiones acerca de la especificidad del contenido cognitivo y el papel del sujeto cognoscente

Es muy frecuente el uso del plural para designar este ámbito: “Ciencias Cognitivas”

30. Desde un punto de vista entitativo, “lo histórico es algo que reúne varios rasgos, que conectan con la historicidad del ser humano y de la Sociedad: (i) lo histórico *ya ha acontecido* (aun cuando quepa que, por su importancia, algunos acontecimientos actualmente en desarrollo puedan catalogarse como ‘históricos’), pues el haber acontecido es un requisito para entrar en un periodo a historiar (para pasar a las ‘páginas de la Historia’); (ii) posee algún tipo de *relevancia* (causal o no), pues no todo lo que sucede o ha sucedido es ‘Historia’: hay acontecimientos que no son *históricos*; (iii) existe una *continuidad* histórica, aunque se den numerosos cambios a través del tiempo, de modo que siempre cabe enlazar las distintas etapas históricas y hacer referencia a realidades concretas (lugares, personas, etc.); (iv) la historicidad humana y social propicia la *novedad*, de manera que cabe afirmar que no hay dos periodos históricos iguales en todos los aspectos (lo que comporta la ausencia de ‘identidad cualitativa’); (v) lo histórico deja huella en la vida posterior de la Sociedad, pues contribuye a la *configuración* de la actividad humana y social: la historia no es algo que meramente acompaña a la Sociedad —como la temporalidad— sino que contribuye a su articulación e identidad”, GONZÁLEZ, W. J., “Caracterización del objeto de la Ciencia de la Historia y bases de su configuración metodológica”, en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Acción e Historia. El objeto de la Historia y la Teoría de la Acción*, Publicaciones Universidad de A Coruña, A Coruña, 1996, pp. 57-58.

(*cognitive sciences*)³¹. Esto sugiere que estamos ante un entorno *interdisciplinar*, si se acepta que hay, en efecto, un eje común que vertebra las contribuciones realizadas por distintas disciplinas (Psicología, Inteligencia Artificial, Lingüística, etc.). Pero cabe también que nos encontremos *de facto* ante un campo *multidisciplinar*, si lo que se ofrece es una sucesión de contribuciones que funcionan al modo de una superposición de capas o bien como una yuxtaposición de elementos procedentes de las contribuciones de diversas disciplinas³². Tanto en la opción de la interdisciplinariedad como en la postura en favor de la multidisciplinariedad se asume que, en las Ciencias Cognitivas, confluye un largo elenco de disciplinas.

No obstante, también se utiliza la forma singular: “Ciencia Cognitiva” (*cognitive science*)³³, especialmente cuando se quiere resaltar que tiene un estatuto científico específico, que es diferente de otras disciplinas a partir de las cuales surge o con las que conecta de modo directo. Esto es lo que hizo Herbert A. Simon, cuando planteó la Ciencia Cognitiva como “la nueva Ciencia de lo Artificial”³⁴. Con todo, este territorio de investigación acerca del conocimiento tiene muchas vías de acceso. Esto se refleja en la concepción de Simon, que es netamente interdisciplinar. Así, incorpora de hecho contenidos de varias disciplinas relacionadas con “conocer”, principalmente la Filosofía, la Psicología y la Inteligencia Artificial.

Más aún, prácticamente toda la vida intelectual de Simon se puede ver en clave cognitiva³⁵, pues sólo de manera ocasional incide expresamente en factores volitivos, motivacionales o afectivos. Así, desde una perspectiva de clara preferencia de índole cognitiva, lleva a cabo una contribución efectiva a la

31. Cfr. WILSON, R. A. y KEIL, F. C. (eds), *The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences*, The MIT Press, Cambridge, MA, 1999.

32. No cabe descartar la posibilidad de un terreno transversal, si de la interrelación entre las distintas disciplinas participantes se da lugar a un campo temático nuevo, que de alguna manera es distinto a los puntos de partida utilizados.

33. Aunque se utilice el singular, es frecuente mencionar una relación explícita con alguna de las disciplinas señaladas. Este es el caso del libro editado por Paul Thagard, titulado *Philosophy of Psychology and Cognitive Science*, que publicó Elsevier en 2007.

34. Cfr. SIMON, H. A., “Cognitive Science: The Newest Science of the Artificial”, *Cognitive Science*, v. 4, (1980), pp. 33-46. Cfr. NEWELL, A. y SIMON, H. A., “Computer Science as Empirical Inquiry: Symbols and Search” [1975 ACM Turing Award lecture], *Communications of the Association for Computing Machinery*, v. 19, n. 3, (1976), pp. 113-126; reimpresso en BODEN, M. (ed), *The Philosophy of Artificial Intelligence*, Oxford University Press, Oxford, 1990, pp. 105-132.

35. Cfr. SIMON, H. A., “On Simulating Simon: His Monomania, and its Sources in Bounded Rationality”, *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 32, n. 3, (2001), pp. 501-505.

caracterización de la racionalidad humana. Lo hace a través de los tres modelos sucesivos de racionalidad que, de hecho, propone en su trabajo académico: a) el modelo administrativo (*administrative decision maker*); b) el modelo universal de toma de decisiones (*the universal decision maker*); y c) el modelo de solucionador de problemas de tipo simbólico (*the symbolic problem solver*)³⁶. Tienen su origen en los ámbitos temáticos que fue estudiando en su dilatada trayectoria: Ciencia Política, el primero; Economía y Filosofía, el segundo; e Inteligencia Artificial, el tercero³⁷.

Existe en Simon una interdependencia entre su enfoque cognitivo, su visión de la racionalidad humana y sus aportaciones a Ciencias como la Economía³⁸. En esas contribuciones, cuando piensa en la Economía en términos de “racionalidad limitada” (*bounded rationality*), predomina de modo habitual el individualismo, tanto epistemológico como metodológico. Así, el agente que toma decisiones es, en principio, un sujeto individual que tiene una capacidad limitada para computar contenidos cognitivos³⁹. Cuando decide el agente, lo hace habitualmente dentro de un contexto netamente situacional, donde ha de “satisfacer” (*satisficing*) sin pretender “maximizar” (*maximizing*), puesto que la capacidad de computación del agente es limitada. Desde ahí se afronta el comportamiento de las organizaciones⁴⁰ —que Simon ve articuladas en términos de jerarquía—, que en gran medida se retrotrae a la conducta de los agentes individuales.

Dentro de este marco —la relación entre Psicología Cognitiva y Economía Conductual (*behavioral*)—, le pregunté expresamente a Simon en 1996 acerca de una cuestión que no había visto en sus trabajos: el problema de la historicidad en la Ciencia de la Economía. En ese año, el Premio Nobel

de 1978 todavía no había publicado un artículo dedicado a la vertiente histórica de la Economía, que es —a mi juicio— a la vez Ciencia Social y Ciencia de lo Artificial. Amablemente accedió a mi petición de escribir un texto sobre este tema. El trabajo se publicó poco después —en 1998— con el título *Economics as a Historical Science*, que forma parte de un volumen monográfico que coordiné sobre Filosofía y Metodología de la Economía⁴¹.

Conviene resaltar que, hasta ese momento, a Simon no le había atraído el estudio de la historicidad del conocimiento y su incidencia en Economía⁴². Sin embargo, la historicidad en el conocimiento es clave para entender la Ciencia, en general, y las Ciencias que versan sobre realidades sociales y diseños artificiales, en particular. A este respecto, la propuesta que hace Simon de la Economía en cuanto Ciencia Histórica acude sobre todo a los cambios relacionados con el entorno. Así, en primer lugar, alude a las facetas consideradas por la Historia Económica dominante (el cambio tecnológico, las variaciones en cuanto a las instituciones y las variables exógenas institucionales)⁴³. En segundo término, insiste en que la historicidad depende de las variables relacionadas con la racionalidad limitada de los agentes económicos, quienes se han de ajustar al entorno que les rodea⁴⁴.

De las distintas facetas de la historicidad —la Ciencia, los agentes y la realidad misma investigada—, la Historia Económica dominante atiende de modo

36. Cfr. DASGUPTA, S., “Multidisciplinary Creativity: The Case of Herbert A. Simon”, *Cognitive Science*, v. 27, (2003), pp. 683-707; en especial, pp. 694-695.

37. Sobre este tema, véase GONZÁLEZ, W. J., “Análisis de las Ciencias de Diseño desde la racionalidad limitada, la predicción y la prescripción”, en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Las Ciencias de Diseño: Racionalidad limitada, predicción y prescripción*, Netbiblo, A Coruña, 2007, pp. 3-38; en especial, p. 15; y GONZALEZ, W. J., “From Intelligence to Rationality of Minds and Machines in Contemporary Society: The Sciences of Design and the Role of Information”, pp. 397-424; en especial, p. 416.

38. Cfr. SIMON, H. A., *Models of my Life*, Basic Books, N. York, NY, 1991 (reimpresa en The MIT Press, Cambridge, MA, 1996).

39. Aun cuando Simon no descarta las entidades sociales, el énfasis lo pone en los agentes individuales.

40. Conviene resaltar que distingue expresamente entre organizaciones y mercados. Cfr. SIMON, H. A., “Complex Systems: The Interplay of Organizations and Markets in Contemporary Society”, *Computational and Mathematical Organization Theory*, v. 7, (2001), pp. 79-85.

41. SIMON, H. A., “Economics as a Historical Science”, *Theoria*, v. 13, n. 32, (1998), pp. 241-260.

42. Ciertamente, en algunos trabajos Simon alude ocasionalmente a los “paradigmas”. Utiliza incluso la expresión “cambios de paradigma” (*paradigm shifts*). Pero, en rigor, no profundiza en esa visión de la historicidad de la Ciencia. Usa esos términos para apelar a marcos interpretativos de conjunto, pero sin incidir en cómo tiene lugar el cambio científico. Cfr. SIMON, H. A., “Bounded Rationality in Social Science: Today and Tomorrow”, *Mind and Society*, v. 1, n. 1, (2000), pp. 25-39; en especial, p. 26.

43. Simon escribe, a este respecto, que “a partial catalogue of exogenous institutional variables (and candidates for endogenization) would include: (1) changes in the utility function, with consequent changes in demand and in savings rates; (2) changes in the production function, resulting from technological change and other factors, and with consequent changes in supply; and (3) changes in the laws of property, with consequent effects upon positive and negative externalities, the appropriability of inventions and powers of government to redistribute income and wealth”, SIMON, H. A., “Economics as a Historical Science”, p. 251.

44. Sugiere Simon “take into account (1) continuing changes in knowledge and information (both knowledge about economics and other knowledge about the world), (2) changes in human ability to estimate consequences of actions, (3) changes in the institutional setting within which economic behavior takes place, (4) changes in the focus of attention and related changes in beliefs and expectations. I will add, for they belong among the belief-dependent variables, (5) changes in human altruism and (6) in group identification”, SIMON, H. A., “Economics as a Historical Science”, p. 251.

preferente a la historicidad de la *realidad misma investigada*. Así, generalmente resalta que las innovaciones tecnológicas, la aparición de nuevas instituciones y otros cambios relacionados con entidades económicas (las modificaciones en las funciones de utilidad, las novedades en la función de producción o las nuevas leyes de la propiedad) suponen una variabilidad en lo estudiado. Esto comporta la variación del conocimiento, en la medida en que versa sobre lo real que ha cambiado. Es un “entorno” en principio observable —y, por ende, metodológicamente contrastable— y extramental en su configuración ontológica.

Pero lo que Simon resalta especialmente es el otro polo de la relación: la *variabilidad de los agentes* en relación con su entorno económico. Por eso, su análisis insiste en los cambios en el conocimiento que tiene como agente individual, en su habilidad para estimar consecuencias de sus decisiones, las variaciones que tiene en cuanto al foco de atención, etc. Pero, desde un punto de vista conceptual, no se detiene propiamente en los elementos para plantear la *historicidad* de la Ciencia en cuanto tal, debido principalmente a su formación filosófica en la Universidad de Chicago, que recibió —y aceptó— de positivistas lógicos⁴⁵ (como Rudolf Carnap)⁴⁶.

Sucede que, cuando Simon se ocupa de la variabilidad de los agentes en relación con su entorno económico, lo hace en términos de *evolución*; pero no, en rigor, como una relación mediada por la historicidad. En efecto, su propuesta está planteada en términos de racionalidad adaptativa de tipo evolutivo. A este respecto, el enfoque de Simon es *de facto* más lamarckiano que darwiniano⁴⁷, puesto que supone un proceso adaptativo básicamente acumulativo, que se aleja de la célebre ramificación de opciones propia del planteamiento darwiniano.

Vista en conjunto, me parece que la reflexión que hace Simon acerca de la historicidad —de la Economía, en particular, y humana, en general— es insuficiente. Por un lado, cabe ciertamente partir de cambios de tipo primordialmente cognitivo, para adaptarse al entorno social y sus variaciones. Pero la historicidad de los agentes es más compleja que esa forma de conducta: se trata más bien de la expresión de una

*actividad humana*⁴⁸, que se despliega en el tiempo y que contribuye además a la propia identidad del agente. Y, por otro lado, hace falta considerar los *cambios conceptuales* mismos, aquellos a partir de los cuales enfocamos la realidad que se investiga (sea natural, social o artificial), y que pueden formar parte de marcos macroteóricos (como “paradigmas” o “programas de investigación”), teorías, modelos, hipótesis, ... que sirven para dar respuestas a los problemas de investigación planteados.

Así pues, desde un punto de vista cognitivo hace falta una alternativa a Simon que incida expresamente en el cambio conceptual en la Ciencia desde la perspectiva de historicidad. A este respecto, Paul Thagard ha considerado más elementos de la historicidad que la opción anterior, tanto en cuanto a la Ciencia, en general, como acerca de los contenidos cognitivos, en especial. Lo ha hecho en su planteamiento acerca de las revoluciones conceptuales, que le ha servido para analizar después casos concretos de la investigación biomédica⁴⁹.

Su propuesta busca, además, preservar la *racionalidad científica* durante el cambio conceptual (una tarea que no quedaba en modo alguno garantizada en la primera etapa kuhniana). Así, junto a perfilar mejor el *cometido de los conceptos* en el cambio científico que Thomas Kuhn —que sirve aquí como punto de contraste—, la postura de

48. Esto se puede plantear en términos de “actividad” en lugar de “conducta”. Se trata de dos conceptos diferentes. “1) En la actividad humana se articulan los actos mentales —el elemento interno— con las acciones —el componente externo—, que aquéllos originan; mientras que la conducta humana se mueve, en rigor, sólo en el nivel del comportamiento observable del agente. 2) La actividad tiene un carácter práctico inmediato: incluye la *praxis* —que es algo que afecta su realidad—; la conducta, en cambio, tiene un campo menos diversificado, especialmente cuando es entendida como instintiva (cercana, en tal caso, a la conducta animal). 3) En sí misma, la actividad posee *historicidad*: remite a un antes y a un después que le afectan como tal. Porque la actividad humana es histórica no sólo en el sentido de *tener* tiempo, sino también en el sentido más profundo de ocurrir y desarrollarse *con* la dinámica temporal. La conducta, por el contrario, tiene una constitución más estática, y suele ser considerada sin atender a la historicidad (como sucede, de hecho, en el Conductismo). 4) La actividad tiene un nexo estrecho con el lenguaje, más intenso que el poseído por la conducta. Así, no hay problema alguno en la conexión entre acción y lenguaje (como en el caso de los ‘actos de habla’), mientras que hay críticas respecto de la conducta y el lenguaje (p. ej., en la “conducta verbal” en autores como W. V. Quine). 5) La actividad posee a la vez una dimensión descriptiva y normativa, puesto que hay acciones sociales genuinas que requieren normas para regularla adecuadamente (bien sea éticamente o legalmente); la conducta, en cambio, es más descriptiva que normativa”, GONZÁLEZ, W. J., “Caracterización del objeto de la Ciencia de la Historia y bases de su configuración metodológica”, p. 101.

49. Tras haber publicado la monografía sobre *Conceptual Revolutions* en Princeton University Press, en 1992, se centró en el caso de la Medicina como Ciencia: cfr. THAGARD, P., *How Scientists Explain Disease*, Princeton University Press, Princeton, 1999.

45. Respecto de su etapa en Chicago, Simon escribió: “I had already embraced a logical positivism that I have never relinquished (I would prefer to call it *empiricism* now)”, *Models of my Life*, p. 44.

46. Simon señala a Carnap como uno de los tres profesores que más le influyeron fuera del Departamento de Ciencia Política. Sobre las relaciones con Carnap, cfr. SIMON, H. A., *Models of my Life*, pp. 51, 53-54, 75, 115, 193 y 195.

47. Cfr. HODGSON, G. M., “Is Social Evolution Lamarckian or Darwinian?”, en LAURENT, J. y NIGHTINGALE, J. (eds), *Darwinian and Evolutionary Economics*, p. 87.

Thagard parece ciertamente más adecuada que la “inconmensurabilidad” de paradigmas de la primera etapa kuhniana⁵⁰.

5. Historicidad y cambio de contenido cognitivo: Análisis de la propuesta de las revoluciones conceptuales en la Ciencia

Ciertamente la historicidad afecta a los diversos componentes de la Ciencia (semántico, lógico, epistemológico, metodológico, ontológico, axiológico y ético). Pero, dentro de estos factores “internos” de la Ciencia, se aprecia especialmente la historicidad en el ámbito ontológico. Es un campo donde adquieren gran visibilidad los “hechos nuevos” (*novel facts*)⁵¹. Ahí, en el ámbito de la Ontología de la Ciencia, se resalta una dualidad: por un lado, la Ciencia es entitativamente una actividad humana de índole social —no es mero contenido cognitivo—; y, por otro lado, proporciona una imagen detallada de lo real (articula el mundo en sus diferentes esferas: la natural, la social y la artificial). Ambas vertientes —la actividad humana y la imagen detallada de lo real— están surcadas por la historicidad.

5.1 Actividad científica e imagen detallada de lo real: De la historicidad “interna” a la historicidad “externa”

De estas dos vertientes ontológicas, destaca inicialmente la que corresponde al *quehacer* humano, que se diversifica en varios aspectos. (i) La Ciencia es, de suyo, revisable en cuanto actividad humana, puesto que su capacidad de autocorrección afecta a sus fines, medios y resultados. Se da dentro de un marco *temporal* concreto, pero la Ciencia está abierta a nuevas posibilidades de futuro, que pueden modificar sus objetos de estudio, los problemas planteados, los métodos utilizados, etc. Así, desde el punto de vista entitativo, la actividad investigadora no se circunscribe a la pura temporalidad: no es, sin más, algo que *tiene* tiempo o que se da meramente en un marco cronológico⁵². (ii) Ontológicamente, hay en la Ciencia

una relación con la *praxis*. Así, es una actividad humana cuya índole práctica está en solucionar problemas. En el caso de la Ciencia, hay entonces una historicidad como actividad solucionadora de problemas (sean teóricos, aplicados o de aplicación en contextos concretos). Esto supone una historicidad de los contenidos cognitivos —compatible con la búsqueda de conocimiento objetivo— y de los agentes respecto del entorno de relación en cada momento histórico. (iii) La actividad científica es *constitutivamente social* —una dinámica apoyada en el pasado y abierta al futuro—, de modo que es *nuestra* como empresa humana, aun cuando tengan gran protagonismo algunos individuos concretos.

Hay, en efecto, algo más que la “flecha del tiempo” en la actividad científica, al igual que los agentes humanos que hacen la Ciencia, cuyo devenir a través del tiempo incide en cambios en el modo de realizar la investigación. El quehacer científico requiere entonces una dinámica abierta a cambios, de modo que no se limite a aspectos estructurales, como los fines buscados y los medios seleccionados. Para evitar el llegar a ser ahistórico *de facto*, el quehacer científico ha de tener en cuenta una visión prospectiva y retrospectiva acerca de lo real (sea natural, social o artificial). Así, mediante la predicción científica se atiende al futuro posible; y, a través de la explicación científica, cabe una mirada activa sobre el pasado, especialmente en cuanto que condiciona el presente⁵³.

Si entitativamente la actividad científica no es pura temporalidad, tampoco lo es el contenido cognitivo adquirido a través de esta actividad. Se sitúa en las coordenadas de dar soluciones a los diversos problemas (sean teóricos, aplicados o de aplicación en contextos concretos) que sucesivamente se van planteando. Ofrece, además, la actividad científica una articulación ontológica, en cuanto que intenta dar una *imagen detallada* de lo real, buscando aquello que pueda ser objetivo (y, en la medida de

dad operada por las acciones humanas; y, tanto los agentes que realizan la modificación como el marco donde tienen lugar las acciones, están sujetos a cambios que *revierten* sobre su misma realidad: son entitativamente históricos. Añade así la historicidad una *dimensión nueva* a la temporalidad: comporta un cambio que afecta a los agentes en cuanto tales e incide en las estructuras sociales existentes. En efecto, el devenir histórico supone progresos y retrocesos, influencias del pasado y expectativas de futuro, ..., que configuran a los agentes mismos y a la Sociedad en la que se insertan”, GONZÁLEZ, W. J., “Caracterización del objeto de la Ciencia de la Historia y bases de su configuración metodológica”, en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Acción e Historia. El objeto de la Historia y la Teoría de la Acción*, p. 89.

53. Esto es particularmente importante en Ciencias como la Economía, que versan sobre realidades humanas, donde la dimensión histórica tiene un papel. Cfr. GONZÁLEZ, W. J., *Philosophico-Methodological Analysis of Prediction and its Role in Economics*, pp. 25, 29, 56n, 62, 77-78, 91, 103, 133, 185, 222-223, 249, 257, 267, 279n, 308 y 310.

50. Cfr. KUHN, TH. S., *The Structure of Scientific Revolutions*, pp. 103, 148-150 y 165.

51. Los “hechos nuevos” (*novel facts*), además de ontológicos, pueden ser epistemológicos y heurísticos. Sobre este tema, véase GONZÁLEZ, W. J., *Philosophico-Methodological Analysis of Prediction and its Role in Economics*, pp. 19, 31, 33, 51-55, 77-78, 103-116, 119-121, 178, 184, 205n, 242 y 337.

52. Desde una perspectiva ontológica, “temporalidad” es menos que “historicidad”. Esto se aprecia sobre todo en la Ciencia de la Historia. “Porque al historiar se aborda la mutación de la reali-

lo posible, lo verdadero). Así, la atención al futuro (p. ej., las predicciones acerca del cambio climático) se apoya en el conocimiento disponible del presente (el estado actual de las variables conocidas) y teniendo en cuenta asimismo la trayectoria del pasado —cercano o distante— que hemos sido capaces de reconstruir.

Junto a la “historicidad interna” del contenido cognitivo —los cambios científicos debidos a procesos de auto-corrección— de la Ciencia como actividad humana aparece paralelamente la “historicidad externa”. Acompaña a la “historicidad interna” —conceptual o intelectual— y le proporciona el entorno social donde acaece el descubrimiento y la justificación de lo hallado. Frente a estas formas de historicidad —interna y externa—, hay que considerar la existencia de extremos que descartan la opción dual aquí contemplada.

Un extremo es el fijismo o la completa estabilidad de la Ciencia. Porque, si en lugar de poner el foco en la actividad humana de investigación, la mirada se dirige hacia la *estructura* misma del conocer, podríamos propiciar un molde cognitivo atemporal en la Ciencia. Kuhn lo intentó evitar mediante esquemas conceptuales variables, en cuanto “kantiano con categorías movibles (*moveable categories*)”⁵⁴.

Obviamente, cabe también el extremo opuesto a la propuesta de la atemporalidad, consistente en diversas formas de relativismo histórico (semántico, epistemológico, etc.). Esto es lo que sucede si se apela a una presunta variabilidad congénita del contenido de la Ciencia —sobre todo el cognoscitivo— o cuando se acepta que hay una intrínseca volatilidad científica, debida a la mediación activa de los cambiantes entornos sociales (especialmente, en Ciencias Sociales y Ciencias de lo Artificial). Mediante las opciones relativistas —sean de índole interna o de carácter externo— la objetividad de la Ciencia quedaría automáticamente diluida (sobre todo en términos epistemológicos y metodológicos, cuando no ontológicos).

Aun cuando Kuhn se centró en las Ciencias de la Naturaleza, tras haber hecho una Tesis Doctoral en Física, se vio inmerso en el debate del relativismo —epistemológico, metodológico y ontológico— después de publicar su enfoque historiográfico en *The Structure of Scientific Revolutions*. Desde entonces ha sido frecuente distinguir entre “evolución” y “revolución” en la Ciencia, que han estado frecuentemente asociadas a las nociones kuhnianas de “Ciencia normal” y “Ciencia

revolucionaria”⁵⁵.

Sin embargo, la “evolución”, si la entendemos al modo de Charles Darwin, no es en absoluto cambio lineal. En efecto, su libro sobre *El origen de las especies* deja claro que la evolución la entiende como un proceso ramificado. Así, la evolución realizada mediante selección natural la concibe a tenor del “árbol de la vida” (*tree of life*), donde —en una imagen bien clara— cada una de las ramas está abierta y, por tanto, no es fácil predecir qué vendrá después⁵⁶.

Respecto de la idea de “revolución” en la Ciencia, cuando se entiende al modo de la primera etapa de Kuhn, supone profundas variaciones filosófico-metodológicas. Por un lado, comporta ciertamente un cambio cognitivo radical entre lo antiguo y lo nuevo; y, por otro lado, hay una multitud de otros cambios (de prácticas, de instrumentos, del entorno social, etc.). Así, los paradigmas descansan en las comunidades científicas —no en los contenidos mismos— y, tras una crisis, introducen nuevos paradigmas con importantes variaciones (de tipo metafísico, de carácter sociológico y de orientación constructiva o instrumental). Estos cambios tienen su expresión en el problema de la “inconmensurabilidad”, que adquiere tres formas sucesivas. Corresponden a las tres etapas filosófico-metodológicas de Kuhn:

1) El periodo inicial de *configuración* filosófico-metodológica, que abarca desde los trabajos preliminares a *La estructura de las revoluciones científicas* hasta aproximadamente el año 1968. 2) La etapa de *revisión, aclaración y ampliación* de las tesis iniciales, que comienza hacia 1969 y recorre al menos toda la década de los setenta. 3) La nueva fase creativa de índole *lingüística*, que resulta patente desde 1982, momento de su célebre contribución al Congreso de la Sociedad Americana de Filosofía de la Ciencia: *Conmensurabilidad, comparabilidad y comunicabilidad*⁵⁷.

Parece claro que, en cada una de estas etapas, la “revolución” tiene matices propios, hasta el punto de ofrecer *de facto* tres caracterizaciones diferentes de “revolución científica”. Así, aunque en su visión de

54. KUHN, TH. S., “A Discussion with Thomas S. Kuhn”, en KUHN, TH. S., *The Road Since Structure: Philosophical Essays, 1970-1993, with an Autobiographical Interview*, editado por James Conant y John Haugeland, The University of Chicago Press, Chicago, 2000, p. 264.

55. Cfr. KUHN, TH. S., *The Structure of Scientific Revolutions*, pp. 10-42, para la Ciencia normal, y pp. 92-173, para la Ciencia revolucionaria.

56. Cfr. GONZÁLEZ, W. J., “Evolutionism from a Contemporary Viewpoint: The Philosophic-Methodological Approach”, en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Evolutionism: Present Approaches*, pp. 3-59; en especial, p. 7.

57. Cfr. GONZÁLEZ, W. J., “Las revoluciones científicas y la evolución de Thomas S. Kuhn”, en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Análisis de Thomas Kuhn: Las revoluciones científicas*, pp. 15-103; en especial, pp. 46-48. Véase también IRZIK, G., “Thomas Kuhn: The Road Since Structure”, *Philosophy of Science*, v. 68, n. 4, (2001), pp. 573-575; en especial, p. 574.

la Ciencia Kuhn cultivó los enfoques cognitivos⁵⁸, vio cómo Paul Thagard ofrecía una alternativa global a su posición dentro del libro *Conceptual Revolutions*, que se aprecia mejor si se compara con la etapa inicial de *The Structure of Scientific Revolutions*.

5.2) La propuesta de las revoluciones conceptuales

Concibe Thagard su alternativa a Kuhn a partir del *Cognitive approach*. Utiliza el enfoque cognitivo para caracterizar la dinámica de la Ciencia en clave naturalista, en lugar de hacerlo —como la primera etapa kuhniana— desde una óptica relativista. Es un naturalismo donde las Ciencias Cognitivas ven claras líneas de continuidad entre la Psicología y la Inteligencia Artificial. Así, además del componente epistemológico y metodológico, asume entonces un naturalismo ontológico, que ha seguido con posterioridad, cuando se ha ocupado de la Neurociencia⁵⁹.

Mediante su enfoque cognitivo, Thagard plantea una articulación de las revoluciones conceptuales donde se resalta que la Ciencia no puede ser entendida sin el papel del *cambio conceptual*⁶⁰. Esto refrenda la índole histórica de la Ciencia, que es un rasgo sobre el que se ha insistido desde el “giro histórico” (*historical turn*) acaecido en los años 60⁶¹. Pero este rasgo ha de ser considerado en las propias Ciencias Cognitivas, que en cuanto que no desean ser vistas como ahistóricas, han de reconocer la relevancia del cambio conceptual en su actividad científica⁶².

58. Cfr. NERSESSIAN, N. J., “Kuhn, Conceptual Change, and Cognitive Science”, en NICKLES, TH. (ed), *Thomas Kuhn*, Cambridge University Press, Cambridge, 2003, pp. 178-211. Cfr. CHEN, X., ANDERSEN, H. y BARKER, P., “Kuhn’s Theory of Scientific Revolutions and Cognitive Psychology”, *Philosophical Psychology*, v. 11, n. 1, (1998), pp. 5-28, y BARKER, P., CHEN, X. y ANDERSEN, H., “Kuhn on Concepts and Categorization”, en NICKLES, TH. (ed), *Thomas Kuhn*, pp. 212-245

59. Esto lo ha puesto de relieve con motivo de las *Jornadas sobre Revoluciones conceptuales: De las Ciencias Cognitivas a la Medicina*, celebradas en la Universidad de A Coruña, Campus de Ferrol, en marzo de 2009. En ellas presentó dos Ponencias sobre Neurociencias.

60. Su postura es analizada aquí sobre la base de lo expuesto en GONZÁLEZ, W. J., “Towards a new Framework for Revolutions in Science”, *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 27, n. 4, (1996), pp. 607-625; en especial, pp. 609-612.

61. En el “giro histórico” (*historical turn*) participaron, entre otros, Stephen Toulmin, Thomas Kuhn e Imre Lakatos. El estudio de sus posturas desde el nexo con los planteamientos de la predicción científica se encuentra en GONZÁLEZ, W. J., *La predicción científica: Concepciones filosófico-metodológicas desde H. Reichenbach a N. Rescher*, Montesinos, Barcelona, 2010.

62. Paralelamente, desde la Filosofía de la Información, se resalta el cambio conceptual, como se puede apreciar en las variaciones

Reconoce entonces Thagard que, para explicar el cambio científico, hace falta integrar lo cognitivo y lo social⁶³. Su enfoque de las revoluciones conceptuales intenta “proporcionar una teoría del cambio conceptual que una los enfoques filosófico, psicológico y computacional y que se aplique a todas las revoluciones científicas importantes”⁶⁴. Plantea así un tipo de interdisciplinariedad que, partiendo del naturalismo epistemológico y metodológico, acaba dando particular relevancia a la dimensión empírica (lo aportado por la Psicología y la Inteligencia Artificial). Por eso, su visión de las “revoluciones conceptuales” difiere de las “revoluciones científicas” de Kuhn, que tienen marcado carácter historiográfico —sobre todo, en sus dos primeras etapas filosófico-metodológicas— y están enfocadas hacia las Ciencias de la Naturaleza. Las principales diferencias radican en la racionalidad del cambio conceptual y en la comensurabilidad de las teorías.

Ambos aspectos —racionalidad y comensurabilidad— son defendidos en la teoría de la coherencia explicativa de Thagard, que critica los impedimentos a la racionalidad en la Ciencia y reafirma la comparabilidad a través del tiempo de las teorías científicas. Así, acepta que hay elementos objetivos en la interpretación de las revoluciones. Esto le distancia de varios aspectos que pueden servir de base para el relativismo: a) la “conversión kuhniana” en la elección de paradigma⁶⁵, que es un criterio psicosocial; b) la primacía del planteamiento sociológico del cambio revolucionario —la preferencia por las comunidades científicas—; y c) el énfasis lingüístico para entender las revoluciones científicas en términos de traducción⁶⁶.

Frente a los planteamientos de Kuhn, Thagard rechaza la explicación puramente subjetiva del cambio conceptual, la opción relativista de tipo sociológico y la interpretación del cambio conceptual como

habidas respecto de la Inteligencia Artificial. Véase, por ejemplo, FLORIDI, L., *Philosophy and Computing*, Routledge, Londres, 1999; y FLORIDI, L. (ed), *The Blackwell Guide to the Philosophy of Computing and Information*, Blackwell, Oxford, 2004.

63. Cfr. THAGARD, P., “Explaining Scientific Change: Integrating the Cognitive and the Social”, en HULL, D., FORBES, M. y BURIAN, R. M. (eds), *Proceedings of the 1994 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, Philosophy of Science Association, East Lansing, MI, vol. 2, 1995, pp. 298-303.

64. THAGARD, P., *Conceptual Revolutions*, p. 10. En Psicología se asume la existencia de una “revolución cognitiva”, cfr. GREENWOOD, J., *A Conceptual History of Psychology*, McGraw-Hill, New York, 2009, cap. 12: *Cognitive revolution*, pp. 523-564.

65. Es uno de los ejes del “cambio de paradigma” en su primera etapa. Cfr. KUHN, TH. S., *The Structure of Scientific Revolutions*, 2ª ed., pp. 150-152.

66. Cfr. KUHN, TH. S., “Commensurability, Comparability, Communicability”, en ASQUITH, P. D. y NICKLES, TH. (eds), *PSA 1982. Proceedings of the 1982 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, vol. 2, pp. 669-688.

una mera “traducción” de lenguajes⁶⁷. A su juicio, “la visión general de Kuhn acerca de las revoluciones científicas y sus exposiciones sobre episodios científicos concretos debe ser cuestionada, pero ha de mantenerse su propuesta básica según la cual el desarrollo del conocimiento científico incluye cambios revolucionarios”⁶⁸.

Sobre esta base filosófico-metodológica, Thagard enuncia inicialmente varias tesis para caracterizar las revoluciones conceptuales: (i) las revoluciones científicas comportan importantes modificaciones de sistemas conceptuales y de conjuntos proposicionales; (ii) los sistemas conceptuales se estructuran primariamente a través de jerarquías de clase (*kind-hierarchies*) y jerarquías de parte (*part-hierarchies*); (iii) los nuevos conceptos teóricos surgen generalmente a partir de mecanismos de combinación conceptual; (iv) los conjuntos proposicionales se estructuran primariamente mediante relaciones de coherencia explicativa (*explanatory coherence*); (v) las nuevas hipótesis teóricas se originan generalmente por abducción; y (vi) la transición a los nuevos sistemas conceptuales y conjuntos proposicionales tiene lugar debido a la mayor coherencia explicativa de las nuevas proposiciones que utilizan los nuevos conceptos⁶⁹.

Estudia entonces Thagard los *conceptos* y los *sistemas conceptuales* para proporcionar las bases de la teoría del cambio conceptual revolucionario. Inicialmente el foco está en las concepciones filosóficas acerca de los conceptos y, más tarde, en las posiciones de Psicología Cognitiva e Inteligencia Artificial. Sintetiza, a este respecto, importantes posturas acerca de los conceptos en la Historia de la Filosofía y ofrece su propia perspectiva: “Los conceptos son entidades mentales que, en gran medida, son aprendidos (*learned*) y están abiertos (*open*)”⁷⁰. Filosóficamente, resalta el cambio conceptual en lugar de la revisión de creencias (*belief revision*), porque considera que el aumento del conocimiento científico no puede ser entendido en términos de pura revisión de creencias sin relación alguna con el cambio conceptual.

Después de la caracterización de los conceptos y los sistemas conceptuales, Thagard elabora una descripción del *cambio conceptual*, tomando la revolución química —centrada en Lavoisier—

como ejemplo central⁷¹. A su juicio, una teoría del cambio conceptual que explique adecuadamente las revoluciones conceptuales requiere tres elementos: 1) describir los mecanismos por los que los descubridores de nuevos sistemas conceptuales pueden construir sus nuevos sistemas; 2) explicar cómo el nuevo sistema conceptual puede reemplazar al antiguo; y 3) proporcionar una exposición de cómo miembros adicionales de la comunidad científica pueden adquirir y aceptar el sistema conceptual nuevamente construido⁷².

Aunque esta teoría del cambio conceptual de Thagard se concibe como una alternativa a la estructura de revoluciones científicas de Kuhn⁷³, el enfoque cognitivo que propone asume, sin embargo, elementos centrales en las propuestas kuhnianas. Porque, para caracterizar el cambio que corresponde a las revoluciones científicas, Kuhn concede gran protagonismo a los factores *psicológicos* y *sociológicos*, en detrimento del énfasis en los componentes de tipo epistemológico y metodológico. A este respecto, el enfoque de Thagard — pese a sus críticas al planteamiento kuhniano — describe los mecanismos computacionales en cuanto que forman parte de la psicología de individuos y tienen consecuencias sociológicas. Por tanto, el cambio científico es, para Thagard, psicológico —el cambio en representaciones mentales: los conceptos— al igual que sociológico, porque —en su postura— la revolución acaece sólo cuando una comunidad científica, como un todo, adopta el nuevo sistema conceptual⁷⁴.

Más aún, cuando Thagard suscita expresamente la pregunta “¿qué son los conceptos?”⁷⁵ y busca dar una respuesta articulada, acude al campo de la Psicología Cognitiva. Así, lo que obtiene es una solución al problema de *cómo funcionan* los conceptos, en lugar de resolver la cuestión de *qué son* los conceptos, que es la propiamente filosófica. A mi juicio, trata de evitar el subjetivismo. En este sentido, está bien orientada su crítica a la interpretación del aumento del conocimiento científico en meros términos de revisión de creencias. Pero insiste en los conceptos y las

67. Cfr. THAGARD, P., *Conceptual Revolutions*, pp. 109-117.

68. THAGARD, P., *Conceptual Revolutions*, p. 4.

69. Cfr. *Conceptual Revolutions*, pp. 7-9. Cabe señalar que Thagard se centra en la coherencia explicativa, de modo que la predicción desempeña un papel secundario en su enfoque cognitivo. De las 285 páginas de *Conceptual Revolutions*, hay menciones a la predicción en las páginas 95-96, 119, 121, 158, 169, 191, 195, 198, 205, 209, 212-214, 218, 223 y 228-229.

70. THAGARD, P., *Conceptual Revolutions*, p. 19.

71. Incluye *Conceptual Revolutions* el análisis de varios casos históricos: la teoría de Copérnico acerca del sistema solar, la Mecánica newtoniana, la teoría del oxígeno de Lavoisier, la teoría de la evolución de Darwin, la Teoría de la Relatividad de Einstein, la Mecánica cuántica y la teoría geológica de la tectónica de placas. Después, el foco de atención de Thagard se movió hacia la Medicina y, posteriormente, a la Neurociencia.

72. Cfr. *Conceptual Revolutions*, pp. 47-48.

73. Como es habitual, se centra en la primera etapa kuhniana. Sobre “revoluciones” en ese periodo, véase KUHN, TH. S., *The Structure of Scientific Revolutions*, 2ª ed., pp. ix, 12, 48, 85-86, 90, 92-94, 102, 111, 121 y 167.

74. Cfr. THAGARD, P., *Conceptual Revolutions*, p. 50.

75. Cfr. *Conceptual Revolutions*, pp. 24-28.

proposiciones en cuanto *representaciones mentales*⁷⁶, y es ahí donde reside uno de los puntos débiles del planteamiento de Thagard, que es precisamente el soporte del edificio de las “revoluciones conceptuales”.

Resulta insuficiente entender la noción de “concepto” desde la idea de “representación mental”. Por un lado, es correcto afirmar que una de las vertientes del concepto es la *representación*, en cuanto que supone alteridad y una presentación intelectual de algo extramental. Pero, por otro lado, plantear el concepto sólo como “representación mental” puede llevar a la “representación” en sentido subjetivo (*Vorstellung*), cuando parece más razonable que el concepto pueda ser una “representación” en términos más objetivos (*Darstellung*): algo que no es la “cosa en sí”, pero que posee carácter público, de manera que no es ni genuinamente subjetivo ni propiamente privado⁷⁷.

No se ha de reducir el concepto a la mera “representación”—y, menos aún, a la pura *representación mental*—, puesto que hay más elementos en liza en los conceptos. Este asunto acerca de cómo entender los “conceptos” motivó una amable polémica por escrito con Sir Peter Strawson⁷⁸. Cómo han de ser caracterizados es muy importante para la Ciencia, en general, y en las Ciencias Cognitivas, en particular. De una parte, la historicidad de los conceptos es clave para entender el cambio científico, sea catalogado como “evolutivo” o como “revolucionario”; y, de otra parte, los agentes tratan con lo histórico concreto mediante conceptos, pues su interacción con la cambiante realidad se lleva a cabo usando conceptos.

76. Cfr. THAGARD, P., *Conceptual Revolutions*, p. 21.

77. Sobre representación como *Vorstellung* y *Darstellung*, cfr. GONZÁLEZ, W. J., *La Teoría de la Referencia. Strawson y la Filosofía Analítica*, Ediciones Universidad de Salamanca y Publicaciones de la Universidad de Murcia, Salamanca-Murcia, 1986, pp. 37-38. También sobre la caracterización de la “representación” en la Ciencia puede verse GONZÁLEZ, W. J., “On Representation and Models in Bas van Fraassen’s Approach”, en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Bas van Fraassen’s Approach to Representation and Models in Science*, Synthese Library, Springer, Dordrecht, 2014, pp. 3-37.

78. El origen de la polémica sobre “procesos” y “conceptos” está en GONZÁLEZ, W. J., “P. F. Strawson’s Moderate Empiricism: The Philosophical Basis of his Approach in Theory of Knowledge”, en HAHN, L. E. (ed), *The Philosophy of P. F. Strawson*, The Library of Living Philosophers, Open Court, La Salle, IL, 1998, pp. 329-358. En ese mismo volumen, Peter Strawson publicó sus comentarios: STRAWSON, P. F., “Reply to Wenceslao J. Gonzalez”, en HAHN, L. E. (ed), *The Philosophy of P. F. Strawson*, The Library of Living Philosophers, pp. 359-360.

Siguió después la polémica sobre “procesos” y “conceptos” en GONZÁLEZ, W. J., “El empirismo moderado en Filosofía Analítica: Una réplica a P. F. Strawson”, en FALGUERA, J. L., ZILHÃO, A. J. T., MARTÍNEZ, C. y SAGÜILLO, J. M. (eds), *Palabras y pensamientos: Una mirada analítica / Palavras e Pensamentos: Uma perspectiva analítica*, Publicaciones Universidad de Santiago, Santiago de Compostela, 2003, pp. 207-237. El eco de Strawson tuvo lugar poco después, en una carta personal —junio de 2003— del filósofo oxoniense, donde suscribía lo que había expuesto en mi trabajo, que había publicado poco antes en ese mismo año.

6. El papel de los conceptos y el nexo con lo histórico concreto

Tienen los conceptos un papel en la Ciencia como actividad humana. En ella la presencia de un aspecto *dinámico* —no meramente diacrónico— es manifiesta y se da junto a otros componentes que son, en principio, estáticos o estructurales. Esto se aprecia tanto en las acciones individuales como en las acciones sociales de los científicos. Así, la actividad humana —sea individual o social— no se da meramente en el tiempo (la índole temporal), sino que se modifica y enriquece *a través del tiempo*: la historicidad influye en la propia realidad de la actividad humana⁷⁹. Esto se refleja en la Ciencia como *actividad nuestra*, de modo que hay así objetivos, procesos y resultados que están sometidos a los vaivenes de la historicidad.

6.1 El esquema conceptual de los sujetos de experiencias científicas

Si se asume la relevancia que el enfoque cognitivo da a los sujetos que hacen Ciencia, entonces hay que profundizar en el *esquema conceptual* de los investigadores, los sujetos de experiencias científicas. Ahí se incluye un conjunto importante de conceptos relacionados con la Historia, el tiempo y el cambio que tienen los agentes que hacen Ciencia. En efecto, se requiere el uso de términos históricos para hacer inteligible el conjunto de cambios en objetivos, procesos y resultados de la Ciencia, tanto en la investigación básica como en la indagación aplicada y en la aplicación de la Ciencia.

Hace ya varias décadas —al menos, desde los años 60—, en los estudios filosóficos acerca de la Ciencia se insiste en los aspectos históricos del lenguaje, conocimiento y métodos usados por los científicos. Pero hay también cambios en la propia actividad, tanto desde un punto de vista interno como desde una perspectiva externa, y variaciones en los valores aceptados por quienes hacen la Ciencia y los evaluadores institucionales —como ha sucedido con los valores ecológicos—, que incluye la modulación en los valores éticos predominantes en cada momento. Estos estudios de casos históricos han tenido un amplio reconocimiento, por cuanto que buscan aclarar el cambio científico y su repercusión para el progreso científico⁸⁰.

79. Cfr. GONZÁLEZ, W. J., “Caracterización del objeto de la Ciencia de la Historia y bases de su configuración metodológica”, pp. 89, 101 y 103.

80. Cfr. GONZÁLEZ, W. J., “Novelty and Continuity in Philosophy and Methodology of Science”, en GONZÁLEZ, W. J. y ALCOLEA, J. (eds), *Contemporary Perspectives in Philosophy and Methodology of Science*, pp. 1-28; en especial, pp. 3-4.

Indudablemente, la historicidad afecta al sujeto cognoscente —en cuanto tal y en su relación con su entorno—, pero también incumbe al objeto conocido (sobre todo si es social o artificial). Desde un enfoque cognitivo, el problema hay que afrontarlo desde los conceptos de los agentes —individuales o sociales— que hacen Ciencia. La dificultad está entonces en armonizar la objetividad, un rasgo clave al que ha de aspirar toda actividad científica, y la historicidad, que incide en los elementos clave de la investigación: a) el investigador, b) la realidad estudiada, y c) la interacción entre ambos. El problema de Thagard es que, a mi juicio, no garantiza la *objetividad* del concepto mismo.

Otros filósofos analíticos han tenido este problema de la objetividad en la caracterización de los conceptos, incluyendo pensadores de inspiración empirista y abiertos al naturalismo⁸¹. Entre ellos, con un perfil propio, se encuentra Sir Peter Strawson⁸². Su noción de “concepto” ha mostrado un cierto eclecticismo: a veces parece aceptar la posición del realismo del sentido común; pero su preferencia se orienta hacia la postura kantiana, según la cual hay conceptos generales que se ejemplifican en una variedad de casos particulares⁸³. Establece asimismo un nexo claro entre la Teoría del Conocimiento y la Teoría del Significado, de modo que ambas están conectadas con la idea de la Filosofía como actividad conceptual: “Los conceptos de lo real nada pueden significar para quien los usa salvo en cuanto que están relacionados directa o indirectamente con la posible experiencia de lo real”⁸⁴.

Descansa la postura de P. F. Strawson en el *principio de significación* (*principle of significance*), que consiste en la necesidad de una aplicación empírica para los conceptos. De acuerdo con ese principio, “no puede haber ningún uso legítimo, ni incluso con sentido, de ideas o conceptos si no se los pone en relación con las condiciones empíricas o experienciales de su aplicación”⁸⁵. Así, para utilizar un concepto de una cierta manera, hace falta ser capaz de especificar el tipo de experiencia-situación a la que se aplica el concepto usado de esta forma. Esto es lo que permite

un uso legítimo de ese concepto⁸⁶.

Los aspectos históricos de los “conceptos”, que Strawson podría considerar, quedan relegados por su distanciamiento respecto de la categoría de “procesos”⁸⁷. Pero hay que admitir la *historicidad* como un rasgo real de la actividad humana, de modo que ha de quedar incorporada en los conceptos. Esto supone que los conceptos han de estar abiertos para poder captar el cambio existente en la realidad (esto es, la modificación de los conceptos para dar lugar a una semejanza con lo real). En otras palabras, aceptar la objetividad en los conceptos comporta incorporar la historicidad de la Ciencia, de los agentes y de la propia realidad (sobre todo social y artificial).

6.2 Conceptos, objetividad e historicidad

Una exigencia de la dinámica de la Ciencia es buscar el nexo entre objetividad e historicidad. El primer escalón es aceptar que la noción de “concepto” comporta una genuina semejanza (*resemblance*) entre la representación del sujeto y la realidad objetiva. En tal caso, puede haber —como reconoce Thagard— representaciones que medien entre el sujeto que conoce y lo que es conocido. Aquí, en cierto sentido, cabe afirmar —como apunta Strawson— que “nada es pura y simplemente conocido: todo lo conocido lo es para alguien o por alguien”⁸⁸. Así, inicialmente, cuando se trata de las representaciones del sujeto cognoscente, el “concepto” es algo que acompaña lo “dado”⁸⁹. Pero, incluso entonces, ha de tener un contenido específico.

Como segundo escalón para vincular objetividad e historicidad está que un concepto general —que es algo muy habitual en cualquier Ciencia— puede ser ejemplificado en un gran número de instancias concretas diferentes. Los conceptos muestran entonces al menos dos rasgos: (i) son principios para agrupar (*principles of collection*); y (ii) también son principios para diferenciar (*principles of distinction*)⁹⁰.

81. Cfr. STRAWSON, P. F., *Skepticism and Naturalism: Some varieties*, Columbia University Press, N. York, 1985.

82. Cfr. GONZÁLEZ, W. J., “P. F. Strawson’s Moderate Empiricism: The Philosophical Basis of his Approach in Theory of Knowledge”, en HAHN, L. E. (ed), *The Philosophy of P. F. Strawson*, The Library of Living Philosophers, pp. 329-358.

83. Cfr. STRAWSON, P. F., *Subject and Predicate in Logic and Grammar*, Methuen, Londres, 1974, pp. 14-16.

84. STRAWSON, P. F., *Analysis and Metaphysics*, Oxford University Press, Oxford, 1992, p. 52.

85. STRAWSON, P. F., *The Bounds of Sense. An Essay on Kant’s Critique of Pure Reason*, Methuen, Londres, 1966, p. 16. Cfr. STRAWSON, P. F., *Analysis and Metaphysics*, p. 52.

86. Cfr. *The Bounds of Sense*, p. 16. Cfr. *Analysis and Metaphysics*, p. 52.

87. El análisis de la categoría de “proceso” se lleva a cabo en GONZÁLEZ, W. J., “El empirismo moderado en Filosofía Analítica: Una réplica a P. F. Strawson”, en FALGUERA, J. L., ZILHÃO, A. J. T., MARTÍNEZ, C. y SAGÜILLO, J. M. (eds), *Palabras y pensamientos: Una mirada analítica / Palavras e Pensamentos: Uma perspectiva analítica*, pp. 207-237; en especial, pp. 224-230.

88. STRAWSON, P. F., “Does Knowledge have Foundations?”, *Teorema*, número monográfico sobre conocimiento y creencia, Valencia, 1974, p. 101.

89. Cfr. STRAWSON, P. F., “Perception and its Objects”, en MACDONALD, G. F. (ed), *Perception and Identity*, Macmillan, Londres, 1979, p. 47.

90. Cfr. STRAWSON, P. F., *Subject and Predicate in Logic and*

Pero este enfoque, para que sea adecuado para la Ciencia, ha de comportar una genuina posesión intelectual de lo real. Más aún, el *concepto* mismo ha de poder ser objetivo.

Aceptar este rasgo supone admitir que los conceptos son más que meras “construcciones” relacionadas con la experiencia espacial y temporal de cuerpos materiales y personas. La objetividad del *contenido* del concepto pasa por la posibilidad de lograr una genuina *posesión intelectual* de la realidad. Así, lo que existe en el concepto y lo que se da en la realidad puede ser lo mismo cuando se da el acto de conocer. Pero ciertamente es distinta la forma de la posesión: el concepto puede contener de manera *intelectual* aquello que existe de modo real o tangible en el mundo (sea en el ámbito natural, social o artificial).

Sin duda, hay aquí una conexión con el escalón anterior. Porque el concepto aparece como una representación mental y lo hace en la medida en que interviene en un acto psicológico; pero el concepto mismo, en cuanto contenido, no se circunscribe a ese acto singular del sujeto. De este modo, el concepto no se reduce a un acto de pensar ni es tampoco una entidad platónica, pues el concepto ha de ser *accesible* a los pensadores en general sin generar un mundo aparte nuevo. Por un lado, se evita la angostura a la que se ven abocados muchos empiristas y naturalistas epistemológicos⁹¹; y, por otro lado, no se incurre en los excesos del platonismo y de algunas Ontologías racionalistas.

Superar una excesiva presencia de los factores subjetivos y potenciar *lo objetivo* en el contenido del concepto es crucial cuando se trata de la historicidad. A este respecto, al hilo de mis objeciones, Strawson se ha centrado en este punto de los conceptos: “Ciertamente no considero que un concepto sea subjetivo en el sentido según el cual es subjetivo un episodio particular de la vida mental de un individuo. Un concepto debe ser —como dice González— accesible a los pensadores en general, una posesión participada o participable. Pero, igualmente, un concepto no es un objeto en la Naturaleza, aunque los objetos en la Naturaleza pueden caer bajo él. Hasta aquí pienso que el Profesor González y yo estamos en completo acuerdo”⁹².

Grammar, p. 17.

91. A este respecto, Peter Strawson adopta una postura postkantiana que está impregnada de aportaciones wittgensteinianas. Ofrece así una perspectiva más acorde con el conocimiento humano que una amplia mayoría de empiristas. Cfr. GONZÁLEZ, W. J., “P. F. Strawson’s Moderate Empiricism: The Philosophical Basis of his Approach in Theory of Knowledge”, pp. 349-350.

92. STRAWSON, P. F., “Reply to Wenceslao J. Gonzalez”, en HAHN, L. E. (ed), *The Philosophy of P. F. Strawson*, The Library of Living Philosophers, p. 360.

Indiscutiblemente, la *historicidad* puede ser una propiedad de lo que se investiga (sea de las sociedades, que lleva a cambios culturales, o de los artefactos, que lleva a la obsolescencia). Pero también puede darse en los agentes que investigan esa realidad y en la Ciencia misma que se hace. A su vez, “historicidad” es también un concepto, en virtud del cual captamos un universal que se ejemplifica en muchos casos (en especial, sociales o artificiales). Strawson ha propuesto la distinción entre el *concepto* y la *propiedad* (el universal) de lo que es concepto:

“La propiedad es ciertamente objetiva; y es así si nosotros la concebimos como *ante rem* o como *in rebus* (en cuanto que instancia) o como ambas. Y puesto que la propiedad es precisamente el *contenido* del concepto, el concepto no corre el riesgo de perder su contenido objetivo. Pero todavía debemos insistir en la distinción entre concepto y propiedad; una distinción que llega a ser clara si consideramos lo que es, por una parte, poseer o ejemplificar la propiedad y lo que es, por otra parte, poseer (o dominar) un concepto”⁹³.

Advierte entonces Strawson que “es perfectamente posible para alguien —o para algo— tener una propiedad y carecer del concepto de ella; es igualmente posible para alguien dominar el concepto y carecer de la propiedad. Todas las cosas de cualquier categoría —animadas, inanimadas o abstractas— tienen propiedades; sólo los seres conscientes y las culturas se puede decir que poseen conceptos. Los conceptos, en este sentido, dependen de la mente, mientras que las propiedades (salvo que sean propiedades mentales) no dependen de ella; pero esto no tiene fuerza para mostrar que, de alguna manera, la posesión-del-concepto se quede corta para dominar (*grasp*) las realidades objetivas de las cuales los conceptos son conceptos (*the concepts are concepts of*)”⁹⁴.

A través de esta caracterización de “concepto”, se llega a que, en la Ciencia, el *concepto* puede ser la posesión intelectual de una propiedad de una realidad natural, social o artificial, de modo que cabe objetividad en el contenido del concepto (ya verse sobre una entidad animada, inanimada o abstracta). “Se da entonces —a mi juicio— una semejanza desemejante: la propiedad real es poseída intencionalmente en el concepto —de ahí la semejanza— y el concepto no es la propiedad misma que se encuentra en la realidad extramental (lo que comporta una desemejanza desde el punto de vista de su *status* ontológico)”⁹⁵.

Queda el resaltar que la estructura conceptual humana está asimismo sometida a la posibilidad de

93. STRAWSON, P. F., “Reply to Wenceslao J. Gonzalez”, p. 360.

94. “Reply to Wenceslao J. Gonzalez”, p. 360.

95. GONZÁLEZ, W. J., “El empirismo moderado en Filosofía Analítica: Una réplica a P. F. Strawson”, p. 233.

la creatividad que se suele conocer como *innovación conceptual*. Es un fenómeno constatable en diversos ámbitos del saber, especialmente en el campo de las diversas Ciencias y, ciertamente, es clave para el progreso científico. Así, a diferencia de lo que acaece con bastantes autores del enfoque cognitivista, se ha de insistir en que, tanto la estructura cognitiva humana como la realidad misma cuya conceptualización se busca, no pueden quedar al margen de la dimensión histórica. Así, compaginar la objetividad del contenido conceptual y la propiedad del carácter cambiante de la realidad —sobre todo, social y artificial— ha sido una preocupación de muchos pensadores. Entre ellos están un buen número de filósofos de la Ciencia, quienes han buscado superar las posiciones relativistas mediante la articulación de objetividad e historicidad⁹⁶.

7. Una evaluación de los planteamientos de los autores analizados

Todas las propuestas analizadas, de un modo u otro, tienen problemas para captar la genuina historicidad que atañe al cambio conceptual y que es clave para entender la diversidad científica. Así, se ha resaltado aquí que Herbert Simon, un autor importante en la trayectoria del enfoque cognitivo —especialmente en Psicología e Inteligencia Artificial—, se ocupa del problema de la historicidad a través de la Economía. Lo hace en fecha muy tardía —en 1998— y, además, no porque formase parte de una línea suya de investigación, sino por una expresa petición mía⁹⁷.

Su planteamiento atiende a los niveles de análisis de la historicidad segundo —los agentes— y tercero —el cambio en el entorno real—, pero no atiende propiamente al primer nivel de análisis: la *historicidad de los conceptos* en la Ciencia. En otros trabajos, Simon ha reconocido la importancia del estudio del pasado, tanto para la adquisición de información como para los modelos de descubrimiento. Pero el mero hecho de intentar reproducir estos contenidos mediante máquinas —los programas de ordenador cada vez

más sofisticados— pone de relieve que, cuando se ocupaba de algunos factores históricos, no estaba pensando en términos de historicidad.

Consigue Simon varias cosas con su propuesta sobre la Economía como Ciencia Histórica: 1) Logra ampliar con sus reflexiones su campo temático habitual, en cuanto que incorpora nuevos elementos a su visión de la conducta económica (el *behavioral model*). Es una posición distinta del conductismo, entre otras razones por su énfasis en los componentes cognitivos de los agentes. 2) Constituye una *aportación* su trabajo sobre *Economics as a Historical Science*, pues facilita entender mejor diversos factores históricos —endógenos y exógenos— que pueden incidir en la predicción económica, principalmente en el ámbito microeconómico. 3) Su postura, aunque reconoce la necesidad de elementos de la Historia Económica al uso (el cambio tecnológico, factores institucionales, etc.), supone un nuevo elemento en su distanciamiento respecto de la tendencia dominante en Economía, en la medida en que esta postura aspira a leyes invariantes del quehacer económico⁹⁸.

Suponen ciertamente un avance estos aspectos respecto de trabajos previos. Pero el planteamiento de Simon acerca de la Economía como Ciencia Histórica requiere ser examinado a fondo desde un punto de vista filosófico-metodológico. A tenor de esa línea de estudio, la cuestión principal estriba en que su enfoque parece descansar más en la idea de “temporalidad” que en la noción de “historicidad”. Así, prevalece en su posición la idea de “conducta” sobre el concepto de “actividad”, que —a mi juicio— recoge mejor la realidad del quehacer económico en cuanto proceso dinámico⁹⁹.

Otro aspecto importante es que, mientras Simon tiende a un modelo de racionalidad *adaptativo* y *evolutivo*, hay otros autores que, cuando se ocupan del nexo entre racionalidad y predecibilidad, propugnan una *separación* temática entre ambos planos —el racional y el evolutivo— en la elección racional. Mantienen, en efecto, que “mientras la racionalidad desempeña un papel importante en el aprendizaje, no comporta ninguno respecto de la evolución. Los modelos evolutivos ... no compiten con los modelos de elección racional, sino que versan sobre fenómenos diferentes, aunque relacionados”¹⁰⁰.

96. Uno de esos planteamientos se encuentra en la segunda etapa de Imre Lakatos, cfr. GONZÁLEZ, W. J., “La Filosofía de I. Lakatos, 25 años después: Del ‘giro histórico’ a la incidencia metodológica en Economía”, en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *La Filosofía de Imre Lakatos: Evaluación de sus propuestas*, UNED, Madrid, 2001, pp. 13-103; en especial, pp. 16-22 y 34-42.

También desde un enfoque cognitivo se ha intentado armonizar objetividad e historicidad en la Ciencia, cfr. KITCHER, PH., *The Advancement of Science: Science without Legend, Objectivity without Illusions*, Oxford University Press, N. York, 1993.

97. Tuvo lugar en uno de los encuentros con Herbert Simon en 1996 en Carnegie-Mellon University. Cfr. GONZÁLEZ, W. J., “Herbert A. Simon: Filósofo de la Ciencia y economista (1916-2001)”, en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Racionalidad, historicidad y predicción en Herbert A. Simon*, Netbiblo, A Coruña, 2003, pp. 22-23.

98. Cfr. GONZÁLEZ, W. J., “Herbert A. Simon: Filósofo de la Ciencia y economista (1916-2001)”, en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Racionalidad, historicidad y predicción en Herbert A. Simon*, p. 23.

99. Cfr. GONZÁLEZ, W. J., “Rationality in Economics and Scientific Predictions: A Critical Reconstruction of Bounded Rationality and its Role in Economic Predictions”, *Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities*, v. 61, (1997), pp. 205-232; y GONZÁLEZ, W. J., *Philosophico-Methodological Analysis of Prediction and its Role in Economics*, cap. 8, pp. 203-228.

100. BICCHIERI, C., *Rationality and Coordination*, Cambridge

Precisamente Thagard intenta hacer lo que Simon no lleva a cabo. Porque, a través de las revoluciones conceptuales, se ocupa de la *historicidad de la Ciencia* en cuanto tal. Su análisis lo realiza desde la perspectiva de los conceptos, en lugar de dar prioridad a la adaptación a un entorno cambiante, y pretende lograr lo que ciertamente Kuhn no consiguió en su primera etapa, que es configurar la racionalidad del cambio científico cuando hay revoluciones en la Ciencia¹⁰¹.

Cabe afirmar que, tanto en la Ciencia, en general, como en cada Ciencia, en particular, la sustitución de conceptos se lleva a cabo mediante procesos racionales, aunque episódicamente sean “revolucionarios”. A este respecto, Thagard realiza genuinas contribuciones al problema de las revoluciones conceptuales en la Ciencia: I) introduce la dinámica de teorías en términos de *transición* de una teoría a otra, II) acepta la racionalidad de las revoluciones científicas, y III) trata de desarrollar un modelo cognitivo de explicación¹⁰².

Al exponer la relación dinámica de teorías Thagard adopta una posición de *reemplazamiento* de teoría, que evita la mera incorporación (el supuesto según el cual las nuevas teorías deben ser consistentes con la Ciencia establecida), y critica la postura de sustitución de teorías en términos de la tesis kuhniana de la inconmensurabilidad entre teorías sucesivas¹⁰³. En consonancia con esto, la *racionalidad* es defendida como un elemento de las revoluciones: a) la exposición psicológica de conversión muestra que tiene poco en común con el cambio científico; b) es fácil ver las limitaciones de los modelos de sociólogos de la Ciencia, cuando tratan de explicar los desarrollos de la Ciencia sin apoyarse en la racionalidad; c) la analogía de la tercera etapa de Kuhn entre sistemas conceptuales en Ciencia y la traducción de lenguaje es limitada¹⁰⁴. El problema del edificio de Thagard, que destaca sobre todo en cuanto al nivel uno de análisis, es que descansa en los conceptos como “representaciones mentales”.

University Press, Cambridge, 1993, p. xii.

101. Aun cuando Kuhn insiste en el papel de las comunidades científicas —en especial, para las revoluciones científicas—, todavía en él pesan más los factores internos a la Ciencia que los externos. Una prueba de esto es su énfasis en la predicción científica, general, y la predicción cuantitativa, en particular: “Probably the most deeply held values concern predictions: they should be accurate; quantitative predictions are preferable to qualitative ones; whatever the margin of permissible error, it should be consistently satisfied in a given field; and so on”, KUHN, TH. S., “Postscript—1969”, en KUHN, TH. S., *The Structure of Scientific Revolutions*, 2ª ed., p. 185.

102. Cfr. GONZÁLEZ, W. J., “Towards a New Framework for Revolutions in Science”, pp. 613-614.

103. Cfr. THAGARD, P., *Conceptual Revolutions*, pp. 104-107.

104. Cfr. *Conceptual Revolutions*, pp. 103 y 108-117.

Ante esta limitación, cabe acudir a Strawson, que ha puesto de relieve que los conceptos son mucho más que representaciones mentales. Son, en efecto, criterios de *colección* y de *diferenciación*; se relacionan con las propiedades de las cosas, pero no son esas mismas *propiedades* en términos ontológicos; etc. Pero, en su planteamiento, falla el otro polo de la relación: el reconocimiento del carácter ontológico de la historicidad, porque los procesos de las cosas y los agentes remiten a una realidad que es *cambiante*. De ahí que, en el presente texto, se haya intentado armonizar los tres niveles en liza: (i) la historicidad de la Ciencia —el cambio conceptual—, (ii) la historicidad en los agentes —que hacen la Ciencia dentro de contextos sociales—, y (iii) la historicidad de la propia realidad estudiada (sobre todo la social y artificial).

Habitualmente, ni la tradición empirista británica ni influyentes filósofos analíticos, como Ludwig Wittgenstein, ni un buen número de pensadores naturalistas de las últimas décadas han puesto realmente énfasis en la *historicidad* humana. Así, tanto aquellos pensadores modernos como estos autores contemporáneos no han resaltado, en general, el hecho contrastable de la posesión de una *índole histórica* por parte del ser humano. Además de su historicidad como realidad individual, es un sujeto histórico inserto en una sociedad que es también histórica y, cuando hace investigación científica (que es una actividad social), tiene relaciones con otros agentes (en entornos profesionales, culturales, etc.) surcadas por la historicidad.

Por tanto, historicidad es un aspecto ontológico de la Ciencia, que incide especialmente en las Ciencias Sociales y en las Ciencias de lo Artificial. Así, la actividad humana tiene, en efecto, un aspecto *dinámico* —no meramente diacrónico— junto a otros componentes que son estáticos; y esto es constitutivo tanto de las acciones individuales como de las acciones sociales. En rigor, la actividad humana —sea individual o social— no se da meramente en el tiempo, sino que se modifica y enriquece *a través del tiempo*: la historicidad influye en la propia realidad de la actividad humana¹⁰⁵.

8. Coda

Finalmente, al volver la mirada sobre el problema inicial —cómo caracterizar la *dinámica de la Ciencia* a partir del cambio conceptual que genera diversidad científica—, quedan claros —a mi juicio— varios aspectos. (i) Los esquemas habituales de “evolución” y “revolución” son insuficientes para captar el carácter multivariado de los conceptos científicos y, por ende,

105. Cfr. GONZÁLEZ, W. J., “El empirismo moderado en Filosofía Analítica: Una réplica a P. F. Strawson”, p. 224.

no plasman la riqueza de matices de la dinámica de la Ciencia, sobre todo ante la complejidad epistemológica y ontológica que genera novedad “vertical” o “transversal” (esto es, cambios con variación profunda). La diversidad científica requiere la variabilidad de la historicidad para poder ser entendida. Es desde este ángulo cómo cabe captar el *ser* de la Ciencia, pero también el *deber ser* de la actividad científica, si se desea aclarar el avance científico.

(ii) Los cambios conceptuales requieren criterios que no sean genéricos “procesos” o una mera expresión de “evoluciones”, sean gradualistas —al modo darwiniano— o concebidas en términos de saltos tras una etapa de cierta continuidad. Porque hay una genuina historicidad en el cambio científico, que atañe a tres planos interrelacionados: a los conceptos de la Ciencia, a los agentes que investigan y a la realidad misma investigada (sobre todo social y artificial).

(iii) A la hora de caracterizar la dinámica de la Ciencia, las revoluciones conceptuales de Thagard suponen un avance respecto de las revoluciones científicas de Kuhn, al menos en cuanto propician la racionalidad del cambio y la comensurabilidad conceptual. Pero el núcleo de la propuesta de Thagard —qué son los conceptos— no está logrado, toda vez que reduce los conceptos a representación mental

y sitúa las claves fuera de la Filosofía (en factores psicológicos y sociológicos).

(iv) Mediante las reflexiones sobre los conceptos, que han llevado a asociar la objetividad —que atiende a propiedades de lo real, poseídas con independencia de una mente individual pensante— y la historicidad —que admite cambios, además de la posibilidad de una genuina innovación conceptual— se pueden poner las bases del avance de la Ciencia. El progreso de la Ciencia Básica es fundamentalmente teórico, empírico y heurístico. Los tres tienen que ver con cambios conceptuales. El progreso de la Ciencia Aplicada se centra en la predicción y la prescripción, que genera conceptos adecuados para el futuro y con capacidad para ajustarse a las necesidades prácticas de resolver problemas concretos. La aplicación de la Ciencia, que es contextual, está por eso mismo asociada a la capacidad de los sujetos a modular sus esquemas conceptuales, para acertar con lo conveniente o adecuado cuando hay cambios en la realidad misma considerada.

Bibliografía

- ANDERSON, J. R., *The Architecture of Cognition*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1983.
- BARKER, P., CHEN, X. y ANDERSEN, H., “Kuhn on Concepts and Categorization”, en NICKLES, TH. (ed), *Thomas Kuhn*, Cambridge University Press, Cambridge, 2003, pp. 212-245.
- BICCHIERI, C., *Rationality and Coordination*, Cambridge University Press, Cambridge, 1993.
- BOWLER, P. J., *Evolution: The History of an Idea*, University of California Press, Berkeley, 1983; tercera edición, completamente revisada y ampliada, en 2003.
- CAMPBELL, D. T., “Evolutionary Epistemology”, en SCHILPP, P. A. (ed), *The Philosophy of Karl Popper*, Open Court, La Salle, IL, 1974, vol. 1, pp. 413-463.
- CHEN, X., ANDERSEN, H. y BARKER, P., “Kuhn’s Theory of Scientific Revolutions and Cognitive Psychology”, *Philosophical Psychology*, v. 11, n. 1, (1998), pp. 5-28.
- DASGUPTA, S., “Multidisciplinary Creativity: The Case of Herbert A. Simon”, *Cognitive Science*, v. 27, (2003), pp. 683-707.
- EGIDI, M. y MARRIS, R. (eds), *Economics, Bounded Rationality and the Cognitive Revolution*, E. Elgar, Aldershot and Brookfield, VT, 1992.
- FLORIDI, L., *Philosophy and Computing*, Routledge, Londres, 1999.
- FLORIDI, L. (ed), *The Blackwell Guide to the Philosophy of Computing and Information*, Blackwell, Oxford, 2004.
- FLORIDI, L., *The Fourth Revolution - How the Infosphere is Reshaping Human Reality*, Oxford University Press, Oxford, 2014.
- GIERE, R. N., *Explaining Science: A Cognitive Approach*, The University of Chicago Press, Chicago, 1988.
- GOLDMAN, A. I., *Epistemology and Cognition*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1986.
- GOLDMAN, A. I. (ed), *Readings in Philosophy and Cognitive Science*, The MIT Press, Cambridge, 1993.
- GONZÁLEZ, W. J., *La Teoría de la Referencia. Strawson y la Filosofía Analítica*, Ediciones Universidad de Salamanca y Publicaciones de la Universidad de Murcia, Salamanca-Murcia, 1986.
- GONZÁLEZ, W. J., “Progreso científico, autonomía de la Ciencia y realismo”, *Arbor*, v. 135/ n° 532, (1990), pp. 91-109.

- GONZÁLEZ, W. J., "Caracterización del objeto de la Ciencia de la Historia y bases de su configuración metodológica", en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Acción e Historia. El objeto de la Historia y la Teoría de la Acción*, Publicaciones Universidad de A Coruña, A Coruña, 1996, pp. 57-58.
- GONZÁLEZ, W. J., "Towards a new Framework for Revolutions in Science", *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 27, n. 4, (1996), pp. 607-625.
- GONZÁLEZ, W. J., "Rationality in Economics and Scientific Predictions: A Critical Reconstruction of Bounded Rationality and its Role in Economic Predictions", *Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities*, v. 61, (1997), pp. 205-232.
- GONZÁLEZ, W. J., "P. F. Strawson's Moderate Empiricism: The Philosophical Basis of his Approach in Theory of Knowledge", en HAHN, L. E. (ed), *The Philosophy of P. F. Strawson*, The Library of Living Philosophers, Open Court, La Salle, IL, 1998, pp. 329-358.
- GONZÁLEZ, W. J., "La Filosofía de I. Lakatos, 25 años después: Del 'giro histórico' a la incidencia metodológica en Economía", en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *La Filosofía de Imre Lakatos: Evaluación de sus propuestas*, UNED, Madrid, 2001, pp. 13-103.
- GONZÁLEZ, W. J., "El empirismo moderado en Filosofía Analítica: Una réplica a P. F. Strawson", en FALGUERA, J. L., ZILHÃO, A. J. T., MARTÍNEZ, C. y SAGÜILLO, J. M. (eds), *Palabras y pensamientos: Una mirada analítica / Palavras e Pensamentos: Uma perspectiva analítica*, Publicaciones Universidad de Santiago, Santiago de Compostela, 2003, pp. 207-237.
- GONZÁLEZ, W. J., "Herbert A. Simon: Filósofo de la Ciencia y economista (1916-2001)", en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Racionalidad, historicidad y predicción en Herbert A. Simon*, Netbiblo, A Coruña, 2003, pp. 7-63.
- GONZÁLEZ, W. J., "Las revoluciones científicas y la evolución de Thomas S. Kuhn", en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Análisis de Thomas Kuhn: Las revoluciones científicas*, Trotta, Madrid, 2004, pp. 15-103.
- GONZÁLEZ, W. J., "Novelty and Continuity in Philosophy and Methodology of Science", en GONZÁLEZ, W. J. y ALCOLEA, J. (eds), *Contemporary Perspectives in Philosophy and Methodology of Science*, Netbiblo, A Coruña, 2006, pp. 1-28.
- GONZÁLEZ, W. J., "Análisis de las Ciencias de Diseño desde la racionalidad limitada, la predicción y la prescripción", en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Las Ciencias de Diseño: Racionalidad limitada, predicción y prescripción*, Netbiblo, A Coruña, 2007, pp. 3-38.
- GONZÁLEZ, W. J., "Configuración de las Ciencias de Diseño como Ciencias de lo Artificial: Papel de la Inteligencia Artificial y de la racionalidad limitada", en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Las Ciencias de Diseño: Racionalidad limitada, predicción y prescripción*, Netbiblo, A Coruña, 2007, pp. 41-69.
- GONZÁLEZ, W. J., "Evolutionism from a Contemporary Viewpoint: The Philosophical-Methodological Approach", en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Evolutionism: Present Approaches*, Netbiblo, A Coruña, 2008, pp. 3-59.
- GONZÁLEZ, W. J., "El enfoque cognitivo en la Ciencia y el problema de la historicidad: Caracterización desde los conceptos", *Letras (Universidad Nacional Mayor San Marcos, Perú)*, v. 79, n. 114, enero-diciembre (2008), pp. 51-80.
- GONZÁLEZ, W. J., *La predicción científica: Concepciones filosófico-metodológicas desde H. Reichenbach a N. Rescher*, Montesinos, Barcelona, 2010.
- GONZÁLEZ, W. J., "The Problem of Conceptual Revolutions at the Present Stage", en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Conceptual Revolutions: From Cognitive Science to Medicine*, Netbiblo, A Coruña, 2011, pp. 7-38.
- GONZÁLEZ, W. J., "Conceptual Changes and Scientific Diversity: The Role of Historicity", en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Conceptual Revolutions: From Cognitive Science to Medicine*, Netbiblo, A Coruña, 2011, pp. 39-62.
- GONZÁLEZ, W. J., "Complexity in Economics and Prediction: The Role of Parsimonious Factors", en DIEKS, D., GONZÁLEZ, W. J., HARTMAN, S., STADLER, F., UEBEL, TH. y WEBER, M. (eds), *Explanation, Prediction, and Confirmation*, Springer, Dordrecht, 2011, pp. 319-330.
- GONZÁLEZ, W. J., "Methodological Universalism in Science and its Limits: Imperialism versus Complexity", en BRZECHCZYN, K. y PAPRZYCKA, K. (eds), *Thinking about Provincialism in Thinking*, Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities, vol. 100, Rodopi, Ámsterdam/Nueva York, 2012, pp. 155-175.
- GONZÁLEZ, W. J., "The Sciences of Design as Sciences of Complexity: The Dynamic Trait", en ANDERSEN, H., DIEKS, D., GONZÁLEZ, W. J., UEBEL, TH. y WHEELER, G. (eds), *New Challenges to Philosophy of Science*, Springer, Dordrecht, 2013, pp. 299-311.
- GONZÁLEZ, W. J., "The Roles of Scientific Creativity and Technological Innovation in the Context of Complexity of Science", en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Creativity, Innovation, and Complexity in Science*, Netbiblo, A Coruña, 2013, pp. 11-40.
- GONZÁLEZ, W. J., "On Representation and Models in Bas van Fraassen's Approach", en GONZÁLEZ, W. J. (ed),

- Bas van Fraassen's Approach to Representation and Models in Science*, Synthese Library, Springer, Dordrecht, 2014, pp. 3-37.
- GONZÁLEZ, W. J., *Philosophico-Methodological Analysis of Prediction and its Role in Economics*, Springer, Dordrecht, 2015.
- GONZÁLEZ, W. J., "From Intelligence to Rationality of Minds and Machines in Contemporary Society: The Sciences of Design and the Role of Information", *Minds and Machines*, v. 27, n. 3, (2017), pp. 397-424. DOI: 10.1007/s11023-017-9439-0.
- GREENWOOD, J., *A Conceptual History of Psychology*, McGraw-Hill, New York, 2009.
- HODGES, A., *Alan Turing: The Enigma*, Vintage Books/Random House, Londres, 2014.
- HODGSON, G. M., "Is Social Evolution Lamarckian or Darwinian?", en LAURENT, J. y NIGHTINGALE, J. (eds), *Darwinian and Evolutionary Economics*, E. Elgar, Cheltenham, 2001, pp. 87-120.
- IRZIK, G., "Thomas Kuhn: The Road Since *Structure*", *Philosophy of Science*, v. 68, n. 4, (2001), pp. 573-575.
- KEINY, S., "'Conceptual Change' as Both Revolutionary and Evolutionary Process", *Teachers and Teaching*, v. 14, n. 1, (2008), pp. 61-72.
- KITCHER, PH., *The Advancement of Science: Science without Legend, Objectivity without Illusions*, Oxford University Press, N. York, 1993.
- KLAHR, D. y KOTOVSKY, K. (eds), *Complex Information Processing: Essays in Honor of Herbert A. Simon*, Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1989.
- KUHN, TH. S., *The Structure of Scientific Revolutions*, International Encyclopedia of Unified Science: Foundations of the Unity of Science, v. 2, n. 2, The University of Chicago Press, Chicago, 1962 (2ª ed., 1970).
- KUHN, TH. S., "Postscript—1969", en KUHN, TH. S., *The Structure of Scientific Revolutions*, The University of Chicago Press, Chicago, 2ª ed., 1970, pp. 174-210.
- KUHN, TH. S., "Second Thoughts on Paradigms", ponencia presentada en el Congreso de Urbana (Illinois), celebrado del 26 al 28 de marzo de 1969. Trabajo compilado en SUPPE, F. (ed), *The Structure of Scientific Theories*, University of Illinois Press, Urbana, 1974 (2ª ed. 1977), pp. 459-482.
- KUHN, TH. S., "Commensurability, Comparability, Communicability", en ASQUITH, P. D. y NICKLES, TH. (eds), *PSA 1982. Proceedings of the 1982 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, vol. 2, Philosophy of Science Association, East Lansing, MI, 1983, pp. 669-688.
- KUHN, TH. S., "A Discussion with Thomas S. Kuhn", en KUHN, TH. S., *The Road Since Structure: Philosophical Essays, 1970-1993, with an Autobiographical Interview*, editado por James Conant y John Haugeland, The University of Chicago Press, Chicago, 2000, pp. 255-323.
- MAINZER, K., *Thinking in Complexity. The Computational Dynamics of Matter, Mind, and Mankind*, Springer, Berlín, 5ª ed., 2007.
- NERSESIAN, N. J., "Kuhn and the Cognitive Revolution", *Configurations*, v. 6, (1998), pp. 87-120.
- NERSESIAN, N. J., "Kuhn, Conceptual Change, and Cognitive Science", en NICKLES, TH. (ed), *Thomas Kuhn*, Cambridge University Press, Cambridge, 2003, pp. 178-211.
- NEWELL, A. y SIMON, H. A., "Computer Science as Empirical Inquiry: Symbols and Search" [1975 ACM Turing Award lecture], *Communications of the Association for Computing Machinery*, v. 19, n. 3, (1976), pp. 113-126; reimpresso en BODEN, M. (ed), *The Philosophy of Artificial Intelligence*, Oxford University Press, Oxford, 1990, pp. 105-132.
- RESCHER, N., *Complexity: A Philosophical Overview*, Transaction Publishers, New Brunswick, NJ, 1998.
- ROLL-HANSEN, N., "A Historical Perspective on the Distinction Between Basic and Applied Science", *Journal for General Philosophy of Science*, v. 48, n. 4, (2017), pp. 535-551.
- SIMON, H. A., "Cognitive Science: The Newest Science of the Artificial", *Cognitive Science*, v. 4, (1980), pp. 33-46.
- SIMON, H. A., *Models of my Life*, Basic Books, N. York, NY, 1991 (reimpreso en The MIT Press, Cambridge, MA, 1996).
- SIMON, H. A., "Mind as Machine: The Cognitive Revolution in Behavioral Science", en JESSOR, R. (ed), *Perspectives in Behavioral Science: The Colorado Lectures*, Westview Press, Boulder, CO, 1991, cap. 3.
- SIMON, H. A., "Cognitive Architectures and Rational Analysis: Comment", en VANLEHN, K. (ed), *Architectures for Intelligence*, Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1991, cap. 2, pp. 20-24.
- SIMON, H. A., "Machine as Mind", en FORD, K. M., GLYMOUR, C. y HAYES, P. J. (eds), *Android Epistemology*, AAAI/MIT Press, Menlo Park, CA, 1995, pp. 23-40.
- SIMON, H. A., *The Sciences of the Artificial*, 3ª ed., The MIT, Cambridge, MA, 1996.
- SIMON, H. A., "Economics as a Historical Science", *Theoria*, v. 13, n. 32, (1998), pp. 241-260.
- SIMON, H. A. y WALLACH, D., "Cognitive Modeling in Perspective" [Editorial], *Kognitionswissenschaft*, v. 8,

- n. 1, (1999), pp. 1-4.
- SIMON, H. A., "Bounded Rationality in Social Science: Today and Tomorrow", *Mind and Society*, v. 1, n. 1, (2000), pp. 25-39. (Hay versión castellana: SIMON, H. A., "Racionalidad limitada en Ciencias Sociales: Hoy y mañana", en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Racionalidad, historicidad y predicción en Herbert A. Simon*, Netbiblo, A Coruña, 2003, pp. 97-110).
- SIMON, H. A., "On Simulating Simon: His Monomania, and its Sources in Bounded Rationality", *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 32, n. 3, (2001), pp. 501-505.
- SIMON, H. A., "Complex Systems: The Interplay of Organizations and Markets in Contemporary Society", *Computational and Mathematical Organization Theory*, v. 7, (2001), pp. 79-85.
- SOLOMON, M., "Situated Cognition", en THAGARD, P. (ed), *Philosophy of Psychology and Cognitive Science*, Elsevier, Ámsterdam, 2007, pp. 413-428.
- STRAWSON, P. F., *The Bounds of Sense. An Essay on Kant's Critique of Pure Reason*, Methuen, Londres, 1966.
- STRAWSON, P. F., *Subject and Predicate in Logic and Grammar*, Methuen, Londres, 1974.
- STRAWSON, P. F., "Does Knowledge have Foundations?", *Teorema*, número monográfico sobre conocimiento y creencia, Valencia, 1974, pp. 99-110.
- STRAWSON, P. F., "Perception and its Objects", en MACDONALD, G. F. (ed), *Perception and Identity*, Macmillan, Londres, 1979, pp. 41-60.
- STRAWSON, P. F., *Skepticism and Naturalism: Some varieties*, Columbia University Press, N. York, 1985.
- STRAWSON, P. F., *Analysis and Metaphysics*, Oxford University Press, Oxford, 1992.
- STRAWSON, P. F., "Reply to Wenceslao J. Gonzalez", en HAHN, L. E. (ed), *The Philosophy of P. F. Strawson*, The Library of Living Philosophers, Open Court, La Salle, IL, 1998, pp. 359-360.
- SUPPE, F., "The Search for Philosophic Understanding of Scientific Theories", en SUPPE, F. (ed), *The Structure of Scientific Theories*, University of Illinois Press, Urbana, 1974 (2ª ed. 1977), pp. 1-241.
- THAGARD, P., *Conceptual Revolutions*, Princeton University Press, Princeton, 1992.
- THAGARD, P., "Explaining Scientific Change: Integrating the Cognitive and the Social", en HULL, D., FORBES, M. y BURIAN, R. M. (eds), *Proceedings of the 1994 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, Philosophy of Science Association, East Lansing, MI, vol. 2, 1995, pp. 298-303.
- THAGARD, P., *How Scientists Explain Disease*, Princeton University Press, Princeton, 1999.
- THAGARD, P. (ed), *Philosophy of Psychology and Cognitive Science*, Elsevier, Ámsterdam, 2007.
- WILSON, R. A. y KEIL, F. C. (eds), *The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences*, The MIT Press, Cambridge, MA, 1999.

Cambios conceptuales en las explicaciones biológicas del comportamiento

Conceptual changes in biological explanations of behaviour

José María Martínez Selva

Universidad de Murcia (España)
E-mail: jmselva@um.es

Resumen: El estudio de las relaciones entre cerebro y conducta recibe diferentes nombres y emplea técnicas muy variadas. Estas técnicas y los hallazgos obtenidos con ellas determinan la elaboración de explicaciones biológicas de la conducta que han dado lugar a cambios conceptuales en la forma de abordar los problemas de investigación y, en general, de comprender y explicar el comportamiento humano. Se revisan las principales técnicas de investigación empleadas y los enfoques a los que han dado lugar con un énfasis especial en las técnicas de neuroimagen funcional.

Palabras clave: Neurociencia de la Conducta, Neurociencia Cognitiva, neuroimagen funcional, Psicobiología, relaciones causales, resonancia magnética funcional.

Abstract: The study of the relations between brain and behavior receives different names and employs very varied techniques. These techniques and the findings obtained with them determine the elaboration of biological explanations of behavior that have led to conceptual changes in the way of addressing research problems and, in general, to understand and explain human behavior. We review the main research techniques used and the approaches to which they have given rise, with special emphasis in functional neuroimaging techniques.

Keywords: Behavioural Neuroscience, Cognitive Neuroscience, functional neuroimaging, Psychobiology, causal relationships, functional magnetic resonance imaging.

Reconocimientos: Este trabajo ha sido financiado en parte por la ayuda a proyectos de investigación PSI2008-04394/PSIC del Ministerio de Ciencia e Innovación y fondos FEDER, y una versión anterior se presentó a las XIV *Jornadas sobre Filosofía y Metodología Actual de la Ciencia*, Ferrol, 5 y 6 de marzo de 2009, publicado como Martínez Selva, J. M., "Conceptual changes in biological explanations of behaviour", en González, W. J. (ed), *Conceptual Revolutions: From Cognitive Science to Medicine*, Netbiblo, A Coruña, 2011, pp. 97-136.

La Psicobiología estudia las bases o mecanismos biológicos de la conducta y los procesos mentales. Es un campo de conocimiento variado en el que reina una confusión terminológica, de manera que también recibe los nombres de Psicología Fisiológica o Neurociencia Conductual o del Comportamiento, y que comprende otras subdisciplinas o, para algunos autores, ciencias relacionadas como Neuropsicología, Psicofisiología o Neurociencia Cognitiva. La Psicobiología es una ciencia interdisciplinar, a caballo entre la Psicología y las ciencias biológicas, en particular las que estudian el sistema nervioso,

denominadas Neurociencias, aunque incluye, en menor medida, conocimientos de aquéllas que se ocupan de otros sistemas como el endocrino, el cardiovascular y el inmunitario. La Psicobiología proporciona explicaciones biológicas de la conducta que permiten conocerla mejor y predecirla¹.

1. BUNGE, M. y ARDILA, R., *Filosofía de la Psicología*, Ariel, Barcelona, 1988; MARTÍNEZ SELVA, J. M., *Psicofisiología*, Síntesis, Madrid, 1995; ROSENZWEIG, M. R., BREEDLOVE, S. M. y WATSON, N. V., *Psicobiología. Una Introducción a la Neurociencia Conductual, Cognitiva y Clínica*. Ariel, Barcelona, 2005.

1. Explicación científica y explicación psicobiológica

Una teoría científica es una conceptualización (conjunto de conceptos y de relaciones entre ellos) que busca construir representaciones inteligibles de la realidad, y para ello describe, define y explica con precisión los acontecimientos que estudia, sus propiedades y relaciones recíprocas². Así, la explicación científica consiste en el establecimiento de relaciones entre hechos, o variables, en este caso biológicos, en especial referidos al sistema nervioso, y conductuales que hasta ese momento son desconocidas o que, siendo conocidas, pasan a describirse mejor, con más detalle y, si puede ser, de forma cuantitativa. La auténtica explicación que permite la predicción es la causal y, al hablar de los mecanismos o bases neuronales, o en sentido más amplio biológicas, del comportamiento, es la relación causal entre acontecimientos neuronales y conducta.

La investigación psicobiológica se apoya en varios principios de investigación, el primero de los cuales es el *mecanicismo-reduccionismo*. La conducta es resultado de la actividad del sistema nervioso que la permite y la posibilita. Aunque la conducta esté moldeada por acontecimientos ambientales, es decir por la experiencia, o interacciones con el medio físico y social, éstas últimas actúan a través del sistema nervioso. Los procesos mentales se consideran un tipo especial de conducta sólo accesible a la persona que los experimenta, pero que también tienen su origen y dependen de la actividad del sistema nervioso. La relación que se pretende establecer es que el suceso o actividad fisiológica es condición necesaria para que se dé el suceso conductual o mental.

Aunque no se niega en la Psicobiología la necesidad de la actividad neuronal para que se den los procesos mentales, éstos pueden entenderse como propiedades o funciones emergentes de la actividad neuronal (materialismo emergentista) o, en posiciones más materialistas, como actividad neural (teoría de la identidad neural). Como señalan los investigadores Russell A. Poldrack y Martha J. Farah, el objetivo de esta disciplina científica es describir los mecanismos o cadenas causales de acontecimientos en diferentes niveles (molecular, celular, de grupos o redes de neuronas) que generan una función psicológica³. Sin embargo se desconoce cómo los procesos físicoquímicos de las neuronas dan origen

a los procesos mentales, es decir cuáles son las reglas de transformación de las propiedades objetivas de las neuronas en propiedades subjetivas⁴.

Una consecuencia del mecanicismo es el *localizacionismo*: los mecanismos que controlan o regulan la conducta están en algún lugar. La complejidad de la conducta conlleva que no sea una única estructura la implicada en un comportamiento, sino que intervengan en ella redes o sistemas cerebrales distribuidos, esto es localizados en diferentes lugares, de los que forman parte estructuras ubicadas en regiones distintas y sus conexiones recíprocas.

En segundo lugar, y ligado a la explicación biológica de la conducta, se encuentra el principio *evolucionista* que afecta a la explicación psicobiológica en un doble sentido. Por un lado, y además de existir un patrimonio genético compartido en muchas especies, implica que el sistema nervioso central es producto de la evolución y es posible que numerosos fenómenos estudiados en otras especies a nivel genético, de biología celular y de funcionamiento del sistema nervioso sean similares a los que operan en el ser humano⁵. De hecho, buena parte de los mecanismos son semejantes: funciones generales metabólicas de las células, transcripción genética, transmisión del impulso nervioso, "segundos mensajeros celulares" o fotorrecepción⁶. Estos hallazgos pueden utilizarse para explicar cómo funciona el sistema nervioso y cómo éste genera la conducta y los procesos mentales. Una explicación completa y cabal de la conducta no sólo debe ser compatible con la Biología contemporánea, sino que debe proponerse al nivel biológico más elemental posible, es decir a nivel genético y celular, que suele denominarse "molecular", dando cuenta de los procesos neuronales que ocurren en las estructuras o sistemas relevantes para su aparición.

Por otro lado, la conducta humana es también resultado de procesos evolutivos de adaptación a las condiciones cambiantes del medio, y ha

2. BUNGE, M., *Una Filosofía Realista para el Nuevo Milenio*, Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Lima, 2007; WAGENSBERG, J., "Lo falso en el conocimiento científico", *Letras Libres*, nº 87, (2008), pp. 28-30.

3. POLDRACK, R. A. y FARAH, M. J., "Progress and challenges in probing the human brain", *Nature*, v. 526, (2015), pp. 371-379.

4. PUELLES, L. V., "Sustrato neural del pensamiento", en GONZÁLEZ, W. J. (ed.), *Aspectos Metodológicos de la Investigación Científica*, Universidad de Murcia y Universidad Autónoma de Madrid, 1990, pp. 293-304.

5. Sobre los aspectos genéticos que comparten la especie humana y otras, véase Mouse Genoma Sequencing Consortium, "Initial sequencing and comparative analysis of the mouse genome", *Nature*, v. 437, (2005), pp. 520-562, y The Chimpanzee Sequencing and Analysis Consortium, "Initial sequence of the chimpanzee genome and comparison with the human genome". *Nature*, v. 437, (2005), pp. 69-87.

6. KANDEL, E. R. y SIEGELBAUM, S. A., "Cellular mechanisms of implicit memory storage and the biological basis of individuality", en KANDEL, E. R., SCHWARTZ, J. H., JESSELL, T. M. y SIEGELBAUM, S. E. (eds), *Principles of Neural Science*, McGraw-Hill, Nueva York, 2013, pp. 1461-1485; KANDEL, E. R., *En Busca de la Memoria. El Nacimiento de una Nueva Ciencia de la Mente*, Katz, Buenos Aires, 2007.

servido a la supervivencia de las especies. Muchos comportamientos que se observan en los mamíferos no humanos se asemejan o guardan relaciones más o menos estrechas con conductas humanas, existiendo pautas de comportamiento que contienen elementos fuertemente innatos, como ocurre en la conducta sexual, maternal y de agresión, e incluso de procesos cognitivos en especies filogenéticamente cercanas⁷. Consiguientemente los hallazgos relativos a las bases biológicas de la conducta en animales podrían, en determinadas circunstancias, extrapolarse al ser humano. Además podría encontrarse una explicación genética de algunos comportamientos humanos, incluso referidos a la conducta emocional o social⁸. Esta tendencia a comportarse de forma semejante a otras especies dependería de mecanismos genéticos, por lo que en último extremo su explicación debe ofrecerse también a nivel celular o de los sistemas y procesos neuronales implicados.

El método científico de preferencia para alcanzar la explicación biológica del comportamiento es el método experimental en el que se estudia el efecto de una o más variables (variables independientes), que se manipulan o modifican según criterio del experimentador y de acuerdo con teorías y datos anteriores, sobre otra u otras (variables dependientes) cuyos valores se miden o registran, controlando en todo el proceso otras variables no relevantes o extrañas, que pudieran estar influyendo en dicha relación y que no son de interés. El método experimental se basa, además de en el control de variables, en una serie de supuestos como la *replicabilidad*, esto es que el experimento puede ser repetido en las mismas condiciones y con las mismas técnicas, y el de *determinismo* por el que las mismas causas provocan siempre los mismos efectos. Las hipótesis que sirven de punto de partida al experimento y que se ponen a prueba en él, van dirigidas a resolver o aclarar un problema o ámbito concreto, describen la relación entre variables que se espera encontrar, derivadas o deducidas de principios teóricos más generales (teorías o modelos) o de hallazgos (relaciones ya comprobadas) anteriores. Realizar un experimento implica crear una situación artificial que intenta asemejarse a la realidad y que permita de la manera

más fácil posible la generalización o extensión de los hallazgos a situaciones parecidas.

La esencia de la explicación científica es la predicción, de manera que pueda asegurarse que en unas condiciones determinadas, un sistema reaccionará ante un estímulo específico de una forma también específica⁹. “Replicar” un experimento, o reproducir las condiciones en las que se realizó anteriormente, y poner a prueba una o más hipótesis o una teoría son ejemplos de predicción: anticipar cómo se comportará una variable dependiente cuando se dan ciertas condiciones o cierta magnitud en la variable independiente. Distintos factores, como el tipo de muestra o grupo de sujetos que se utilizan, si el experimento, sea de laboratorio o de campo, se parece más o menos a las condiciones de la vida real o si las variables extrañas están bien controladas o no van a determinar que la generalización de los resultados obtenidos, y por tanto de las hipótesis confirmadas, sea mayor o menor. Cuando se “replican” los hallazgos de otros investigadores en otros laboratorios se da mayor validez y generalización a los obtenidos.

A destacar en la utilización del método científico en Psicobiología es el uso de técnicas específicas de investigación procedentes tanto de la Psicología como de las Ciencias Biológicas y Físicas (Electrofisiología, Radiología, Análisis Químico, Biotecnología) para manipular, controlar y registrar variables, lo que es buena prueba de su carácter interdisciplinar. El empleo de técnicas diferentes (lesión, estimulación, modificación genética, microdiálisis) para abordar un mismo problema puede proporcionar una validación convergente, científicamente más sólida, acerca de cuál o cuáles son los mecanismos neuronales que controlan un comportamiento. Ahora bien, la incorporación de nuevas técnicas de investigación proporciona, de cuando en cuando, no sólo nuevos datos, sino también nuevas perspectivas, enfoques y formas de abordar un problema dado, que suponen *cambios conceptuales* en la forma de explicar el comportamiento a través de sus bases o mecanismos biológicos.

En Psicobiología se utilizan otros métodos (observación, método clínico, correlación), pero el método mejor preparado para establecer relaciones causales o, al menos, consistentes entre diferentes acontecimientos es el método experimental, sobre todo desde el momento en que se emplean técnicas y conocimientos procedentes de las ciencias experimentales antes citadas. El resto de los métodos son útiles al inicio del estudio científico en un campo nuevo, como cuando aparecen casos patológicos no

7. La llamada Psicología Evolucionista se ocupa de explicar, con mayor o menor base empírica, cómo algunos comportamientos del ser humano son comunes a otras especies y poseen un origen evolutivo y, por tanto, genético, como defiende entre otros Buss, D. M., *Evolutionary Psychology: The New Science of Mind*, Third Edition, Allyn and Bacon, Boston, 2008. Numerosos investigadores estudian procesos cognitivos, como la memoria de trabajo en monos, como GOLDMAN-RAKIC, P. S., “Working memory and the mind”, *Scientific American*, v. 267, (1992), pp. 111-117.

8. Buss, D. M., *Evolutionary Psychology: The New Science of Mind*. Third Edition, Allyn and Bacon, Boston, 2008.

9. SIMON, H. A., “What is an “Explanation” of behavior?”, *Psychological Science*, v. 3, (1992), pp. 150-161. Compilado en THAGARD, P. (ed), *Mind Readings. Introductory Selections on Cognitive Science*, The MIT Press, Cambridge, MA, 1998, pp. 1-28.

descritos o cuando la experimentación no es posible debido, por ejemplo, a no poder aislar las variables dada su complejidad, como por ejemplo cuando se estudian rasgos de personalidad, o su dificultad de manipulación, como sucede al no poder provocar lesiones cerebrales en el ser humano. No se trata de métodos marginales o aislados, ya que el método clínico, o estudio intensivo de un caso, continúa siendo muy utilizado¹⁰.

2. La búsqueda de explicaciones psicobiológicas

La investigación psicobiológica se lleva a cabo siguiendo los principios descritos, y se desarrolla en ámbitos o dominios de conocimiento altamente específicos determinados por el tipo de problema que se investiga, el tipo de conductas que mejor reúne o representa uno o más aspectos de ese problema, y la variable o conjunto de variables biológicas relevantes que pueden ponerse en relación con la conducta o conductas en estudio. La complejidad del comportamiento y la diversidad de técnicas y enfoques biológicos lleva a distintas formas de abordar un mismo problema y a diferentes niveles de análisis, desde el más general, o *molar*, hasta el más detallado, o *molecular* y, consecuentemente, al empleo de diferentes técnicas y de diferentes tipos de explicaciones biológicas. Un mismo problema, como la naturaleza de la consolidación de la memoria puede estudiarse desde distintos enfoques que podrían expresarse en forma de preguntas concretas de investigación como sigue:

- Qué sustancias químicas u hormonas favorecen o perjudican la consolidación y retención de la memoria ¿Favorece la hormona *cortisol* la retención y el recuerdo de una tarea motora aprendida?
- Qué estructura o estructuras cerebrales intervienen en la consolidación de la memoria ¿La lesión del *núcleo basolateral de la amígdala* perturba los aprendizajes que emplean estimulación aversiva?
- Si los diferentes tipos de memoria existentes (*implícita, explícita, episódica, semántica*, por ejemplo) poseen mecanismos y procesos cerebrales de consolidación también diferentes

10. Se publican al año unos 40.000 estudios de caso único, en su mayoría sobre lesiones o enfermedades cerebrales infrecuentes, respecto a las que no abundan datos o que impiden constituir grupos experimentales y su comparación con otros de control. Cfr. ROSELLI, D., "Phineas Gage, "Tan" y la importancia de los casos clínicos", *Revista de Neurología*, v. 40, (2005), pp. 122-124.

¿Afecta por igual la lesión del *hipocampo* a los aprendizajes de tipo *semántico* y *episódico*?

- Si existen diferencias de tipo genético entre las personas que poseen una buena consolidación y retención mnésica y las que no ¿A qué gen o genes se deben estas diferencias? ¿Cómo actúan estos genes en la interacción del sujeto con el medio a través, por ejemplo, de la dieta?

La variable biológica está eventualmente ligada a la conducta bajo estudio porque la sustenta, permite o provoca o, más frecuentemente, está asociada de forma directa o indirecta a la actividad en los sistemas cerebrales que, en último extremo, la sustentan, permiten o provocan.

Consideremos en primer lugar el *ámbito* o *dominio* en el que se trabaja. La conducta y sus bases o mecanismos biológicos no se estudian en general. Se abordan aspectos concretos del comportamiento que pertenecen a otros más generales: atención, memoria, motivación, emoción o toma de decisiones. Por lo tanto, se estudian sucesos específicos que representan aspectos o propiedades de estos ámbitos, por ejemplo qué cambios en la actividad eléctrica cerebral se producen al observar estímulos emocionales con diferente "carga" emocional o valor afectivo, y en qué región cerebral se producen¹¹. Un paso más adelante en la explicación sería identificar la región o regiones activadas con los sistemas cerebrales que intervienen o sustentan la conducta emocional. En otras ocasiones se estudian relaciones entre diferentes tipos de comportamientos: por ejemplo, las relaciones entre emoción y toma de decisiones expresadas en problemas del tipo ¿Influye la emoción en la toma de decisiones?, que se puede expresar a través de la hipótesis "Si se induce un estado emocional positivo (alegría) en el sujeto, sus respuestas en la tarea de toma de decisiones serán más arriesgadas".

Otro aspecto ya mencionado es el nivel de análisis en el que se aborda la cuestión: se puede hablar de un nivel *molar*, más general, por ejemplo la investigación sobre la atención en niños hiperactivos, o de un nivel más *molecular*, como la mejor o peor realización de una tarea específica de atención por parte de estos niños y su relación con la actividad eléctrica cerebral en comparación con niños no hiperactivos, o cuáles son los sistemas de neurotransmisión cerebral de los que depende la atención, que no funcionan adecuadamente en estos niños, o si estos sistemas funcionan con mayor o menor eficacia debido

11. Un ejemplo puede ser CARRETIÉ, L., HINOJOSA, J.A., ALBERT, J., LÓPEZ-MARTÍN, S., DE LA GÁNDARA, B.S. IGOA, J.M. y SOTILLO, M., "Modulation of ongoing cognitive processes by emotionally intense words", *Psychophysiology*, v. 45, (2008), pp. 188-196.

a la herencia genética o a factores perinatales. Debe entenderse que las diferencias en el nivel lo son de grado, de manera que unos enfoques son más moleculares que otros. El estudio biológico de la conducta tiende a centrarse en las variables conductuales y biológicas más moleculares que sea posible, como sería el intentar elucidar los aspectos genéticos y moleculares de un comportamiento dado. En último extremo se busca descubrir cuáles son los procesos biológicos, neuronales, de los que depende un comportamiento, para establecer una relación causal fuerte, de dependencia o necesidad, entre el suceso biológico y el psicológico.

Esta búsqueda de aspectos moleculares lleva a menudo a inclinarse por los llamados “sistemas modelo” o “conductas modelo”: comportamientos simples y bien conocidos, que pueden ponerse más fácilmente en relación con sus bases biológicas. Estos comportamientos deben ser representativos o asemejarse a otros comportamientos más complejos, de forma que los hallazgos en el sistema o conducta modelo puedan generalizarse sin dificultad a estos últimos. Por ejemplo, la habituación¹² de un reflejo puede ser un modelo de memoria simple en animales, como la *liebre de mar*, que permite una aproximación más molecular y la identificación de los mecanismos neuronales subyacentes. En otros ámbitos, el sistema o conducta modelo puede ser el *tiempo de reacción simple* ante un estímulo o lo que se tarda en responder a una pregunta o a un *dilema moral*, o el *dibujo de la figura en espejo* (un tipo de aprendizaje motor) o la *escucha dicótica* (presentación simultánea de mensajes diferentes por ambos oídos) para estudiar los aspectos selectivos de la atención, por ejemplo. En estos últimos casos estamos ante aproximaciones de tipo *molar*, que pueden relacionarse con cambios electrofisiológicos o metabólicos en diferentes regiones cerebrales, que informan de los mecanismos neuronales subyacentes de un modo indirecto y, con frecuencia, muy general. La investigación animal hace posible estudios *moleculares*, más fáciles de realizar, menos costosos, más reproducibles y con menos problemas éticos. A veces las conductas que se estudian son muy simples, pero las técnicas son más fiables y la vigencia de los hallazgos más permanente que la referida a comportamientos más complejos.

Los sistemas modelo permiten establecer, de forma sencilla, relaciones entre la conducta, simple y representativa de otras más complejas, y sus bases biológicas. Las aproximaciones de tipo molar

también permiten en determinadas circunstancias la formulación de relaciones fuertes de causalidad o dependencia. Así, una lesión cerebral puede alterar totalmente o en parte un comportamiento más o menos específico, por ejemplo la fluidez del lenguaje hablado, la memoria de acontecimientos, cierto tipo de emociones o la conducta social, lo que sirve para inferir una relación necesaria entre la integridad de una región cerebral y un comportamiento.

3. Enfoques causales y enfoques correlacionales

Se ha mencionado antes que la Psicobiología sigue preferentemente el método experimental teniendo en cuenta aspectos como el nivel de análisis, el ámbito en el que se trabaja, el tipo de comportamiento o los sujetos que se estudian. Además, presenta dos enfoques en su aplicación, el enfoque causal y el correlacional. El primero de ellos se basa en que se manipula una variable independiente, perteneciente al sistema nervioso, por ejemplo a través de una lesión o de la administración de un fármaco. Debido a su carácter agresivo, no es de aplicación en el ser humano ni en otros primates, pero sí en otras especies siempre que se cumplan las normas éticas correspondientes. Sólo es posible el estudio de las bases cerebrales de un comportamiento en el ser humano a posteriori, en el caso de lesiones de distinto origen que permiten establecer relaciones causales entre la actividad neuronal atenuada o suprimida en la zona afectada y las conductas específicas observadas. También en el ser humano, en determinadas condiciones, puede utilizarse la técnica farmacológica basada en la administración de sustancias o de hormonas que presumiblemente afectan al funcionamiento de las *sinapsis*, o conexiones entre neuronas, en sistemas cerebrales, que ocasionan cambios en el comportamiento. Existen por otro lado técnicas de lesión reversible que pueden aplicarse al ser humano como el *test de Wada* (anestesia de un hemisferio cerebral) o la *estimulación magnética transcraneal* que inactiva una región limitada de la corteza cerebral al aplicar en su proximidad un potente imán¹³. Algunas intervenciones en neurocirugía que han proporcionado avances notables se llevan a cabo con el cerebro expuesto y el paciente despierto. Destacan los trabajos de Wilder Penfield, que establecieron algunas de las funciones básicas de

12. Se entiende por habituación la disminución progresiva de la intensidad de una respuesta o reflejo como consecuencia de la estimulación repetida. Cfr. THOMPSON, R. F. y SPENCER, W. A., “Habituación: a model phenomenon for the study of neural substrates of behavior”, *Psychological Review*, v. 73, (1966), pp. 16-43.

13. Pueden consultarse JUNQUÉ, C. y BARROSO, J. (coords), *Manual de Neuropsicología*. Síntesis, Madrid, 2009; ROSENZWEIG, M. R., BREEDLOVE, S. M. y WATSON, N. V., *Psicobiología. Una Introducción a la Neurociencia Conductual, Cognitiva y Clínica*, Ariel, Barcelona, 2005, para una descripción de las técnicas de exploración del sistema nervioso en el ser humano y del estudio experimental y clínico de las lesiones cerebrales.

las cortezas cerebrales somatosensorial y motora. Se realizaban en pacientes epilépticos en quienes se buscaba, a través de la estimulación eléctrica de neuronas, posibles focos de convulsiones para proceder a su eliminación. Este tipo de exploración a cráneo abierto se emplea tanto para evaluar las consecuencias de una extirpación de tejido, como para estudiar la participación de células o regiones más o menos amplias en comportamientos concretos¹⁴.

Dejando aparte las técnicas de lesión, la investigación de las bases biológicas de la conducta en el ser humano suele emplear técnicas no agresivas de exploración de la actividad del sistema nervioso central. Al estudiar los cambios fisiológicos que acompañan a la realización de procesos psicológicos, se habla de *correlatos* fisiológicos del comportamiento. Las técnicas principales han sido la *electroencefalografía* y procedimientos derivados, como los *potenciales evocados cerebrales*, la *poligrafía* o estudio de los cambios principalmente de tipo bioeléctrico dependientes del sistema nervioso periférico, y en última instancia del sistema nervioso central. Se habla de correlatos centrales cuando se estudia la actividad directamente generada en el cerebro. Por ejemplo, la detección de cambios metabólicos o de la presencia de un neurotransmisor o de una sustancia, la obtenida por medio de la electroencefalografía, el estudio de los potenciales evocados cerebrales o la *magnetoencefalografía*¹⁵. Por su parte, los correlatos periféricos son los obtenidos por técnicas electrofisiológicas poligráficas, dirigidas a estudiar la actividad *electromiográfica* (muscular) o la del sistema nervioso vegetativo, relacionadas con conductas y actividad mental como la atención o la emoción. En el mismo plano está el estudio de la liberación de hormonas y otras sustancias durante o después de la realización de un comportamiento. Su interés deriva de la relación entre los cambios producidos en estas variables y las estructuras y procesos cerebrales que supuestamente regulan el proceso psicológico en estudio¹⁶.

4. Principales marcos conceptuales o enfoques acerca de las bases biológicas del comportamiento

La explicación biológica de la conducta descansa en aquellos conocimientos y técnicas de las ciencias

14. Véase un ejemplo en QUIROGA, R. Q., REDDY, L., KREIMAN, G., KOCH, C. y FRIED, I., "Invariant visual representation by single neurons in the human brain", *Nature*, v. 435, (2005), 1102-1107.

15. Véase más adelante una descripción más detallada de estas técnicas en el apartado *Técnicas Funcionales de Exploración del Sistema Nervioso*.

16. CARRETIÉ, L., *Psicofisiología*, Pirámide, Madrid, 2001; MARTÍNEZ SELVA, J. M., *Psicofisiología*, Síntesis, Madrid, 1995.

biológicas que proporcionan una aproximación o representación coherente y científicamente avalada de cómo funciona el cerebro y de cómo éste origina la conducta y los procesos mentales. Debido posiblemente a que se estudian comportamientos muy específicos, los nuevos hallazgos o las nuevas teorías se insertan en este marco conceptual con el que son compatibles. Este enfoque general, o marco conceptual, ha cambiado a lo largo del tiempo como consecuencia de la incorporación de hallazgos científicos o del empleo de nuevas técnicas de estudio tanto de cuestiones psicológicas como biológicas, especialmente del sistema nervioso, y esta evolución presenta una serie de cambios conceptuales, más o menos generales, de los que se habla a continuación. Algunas de las nuevas técnicas, sobre todo de las que se ocupan de la exploración del sistema nervioso y su representación en imágenes, las llamadas técnicas de *neuroimagen funcional* que se describen más adelante, están cambiando la forma de abordar la explicación biológica del comportamiento y por lo tanto introduciendo nuevos cambios en la comprensión de las relaciones entre cerebro y conducta.

Una primera aproximación al funcionamiento cerebral tuvo una naturaleza electrofisiológica. El empleo de técnicas electrofisiológicas, como la electroencefalografía, basadas en el estudio de las propiedades eléctricas del sistema nervioso y su relación con la conducta dominó la investigación psicobiológica desde los años 30 a los 70 del siglo XX, época en la que la concepción dominante es la que podemos llamar "cerebro bioeléctrico". El registro de la actividad eléctrica intracelular, la propia electroencefalografía, la estimulación eléctrica intracraneal y otras técnicas relacionadas proporcionaron datos importantes que ayudaron a entender las bases biológicas del comportamiento. Un ejemplo de ello son explicaciones del tipo:

- La realización de tareas en estado consciente, por ejemplo de lectura y comprensión de un texto o de solución de un problema, va acompañada de una actividad eléctrica particular de la corteza cerebral que se manifiesta en el electroencefalograma con ondas de frecuencia rápida y de bajo voltaje del tipo *beta* o *alfa rápido*.
- Los estudios de lesión y estimulación eléctrica indican que la actividad electroencefalográfica rápida y de bajo voltaje, también llamada "desincronizada", se debe a la puesta en marcha, o al "aumento en la actividad" de la estructura denominada

*formación reticular del tronco cerebral*¹⁷.

- Conclusión: es la actividad de esta última estructura, la formación reticular, la que despierta al individuo, por así decirlo le proporciona el estado de vigilia, y a través de sus efectos sobre la corteza cerebral y otras regiones, efectos que se conocen por los cambios eléctricos en ellas registrados, posibilita o permite que se produzca la actividad mental o la conducta (de atención, de aprendizaje o de solución de problemas, por ejemplo) en estudio.

Uno de los objetivos de la Psicobiología es precisamente éste: la identificación o localización de las estructuras cuya actividad causa o provoca conductas o procesos mentales específicos, en este caso el estado de vigilia o consciencia que hace posible otros más complejos. En principio, la localización precede a estudios más moleculares, por ejemplo sobre los procesos de tipo bioquímico que ocurren en las células en estas regiones, o en sistemas cerebrales específicos, es decir en diferentes estructuras conectadas entre sí y que contribuyen a un mismo proceso. El conocimiento de la actividad bioeléctrica que acompaña a un comportamiento ayuda a conocer mejor sus bases o mecanismos: qué estructuras cerebrales los permiten o lo provocan, admitiendo que distintas estructuras pueden participar simultáneamente en un único comportamiento y que éste y aquéllas varían en complejidad:

- Sin la presencia o actividad de estas estructuras no hay tal conducta. Las técnicas de lesión que la eliminan permitirían demostrarlo,
- Los cambios bioeléctricos reflejan los de la actividad de la estructura en cuestión, de manera que la electroencefalografía revelaría una nula o una menor actividad cuando no está presente el comportamiento en estudio. Recíprocamente, la realización de una conducta o de un proceso mental iría acompañado de mayor actividad electroencefalográfica en la estructura o sistema correspondiente.

Un estudio más pormenorizado, a nivel molecular, revela que los cambios bioeléctricos que se detectan en una región o estructura cerebral son, a su vez, el resultado o la manifestación de otros cambios más fundamentales de tipo bioquímico que es preciso desentrañar. La actividad eléctrica que se mide

es consecuencia de las diferentes y cambiantes concentraciones de iones a ambos lados de la membrana celular, debido a la entrada y salida de dichos iones. La entrada, por ejemplo, de iones calcio (Ca^{2+}) en la célula desencadena en su interior una serie de acontecimientos que pueden favorecer o perjudicar las conexiones entre las neuronas y se refleja en los cambios eléctricos de células individuales o de conjuntos de células que se detectan¹⁸.

Desde los años 70 del pasado siglo se aceleró el descubrimiento de sustancias (neurotransmisores) que constituyen la base de la neurotransmisión o paso del impulso nervioso a través de las neuronas de los vertebrados. La participación de otras sustancias que intervienen en la neurotransmisión (receptores, recaptadores o transportadores, neuromoduladores) permiten conocer mejor cómo se produce la transmisión química del impulso nervioso entre las neuronas (a través de sus uniones o *sinapsis*) y cómo esta transmisión o comunicación interneuronal, o transmisión sináptica, se puede facilitar o perjudicar. Estos avances de tipo bioquímico condujeron a una nueva concepción o representación de las actividades cerebrales, el llamado "cerebro neuroquímico". Los procesos cerebrales, la conducta y la actividad mental, son consecuencia en último extremo de la presencia y actuación de las diferentes sustancias descritas en la neurona y sus conexiones. El conocimiento de estos mecanismos y procesos neuroquímicos se convierte en esencial para comprender y explicar de una forma más detallada y molecular de las relaciones entre cerebro y conducta.

En relación con el sistema reticular activador, antes mencionado, se descubrió posteriormente que puede subdividirse funcionalmente en diferentes sistemas que se proyectan desde el tronco cerebral hacia regiones rostrales o anteriores¹⁹. En estos subsistemas se pueden identificar distintos neurotransmisores de manera que se habla de sistemas activadores ascendentes de tipo *colinérgico*, *noradrenérgico*, *dopaminérgico* y *serotonérgico* en función del neurotransmisor correspondiente. A estos sistemas se añaden otras estructuras (*núcleo basal de Meynert*, colinérgico) y sistemas hipotalámicos activadores (*hipocretinérgico* e *histaminérgico*), además de otros moduladores (*opioide*, *canabinoide*), que contribuyen a explicar el origen, mantenimiento y alternancia de la vigilia y de los dos tipos principales de sueño (*sueño de movimientos oculares rápidos* y

17. GREY-WALTER, W., *El Cerebro Viviente*, Fondo de Cultura Económica, México, 1961; LURIA, A. R., *El Cerebro en Acción*, Fontanella, Barcelona, 1979.

18. BARLOW, J. S., *The Electroencephalogram. Its Patterns and Origins*, The MIT Press, Cambridge, MA, 1993; LUCK, S. J., *An Introduction to the Event-Related Potential Technique*, The MIT Press, Cambridge, MA, 2005, Cap. 1.

19. VANDERWOLF, C. H. y ROBINSON, T. E., "Reticulocortical activity and behavior: A critique of the arousal theory and a new synthesis", *Behavioral and Brain Sciences*, v. 4, (1981) 459-514.

sueño lento), y las fluctuaciones no sólo del estado de activación y despertar, sino también del estado de ánimo. Estos subsistemas activadores participan de manera diferente en conductas y procesos mentales, unos son más importantes en las emociones, otros en la atención concentrada, otros en el despertar o en alguna de las citadas fases en las que se divide el sueño.

El desarrollo de la Psicofarmacología refuerza esta concepción neuroquímica del cerebro. La administración de sustancias que modifican el comportamiento es una prueba de que existe un mecanismo básico, neuroquímico, localizado en las estructuras citadas o en sus conexiones, cuya alteración influye en el estado de vigilia, el sueño o el afecto. Así, los inhibidores de la *monoaminoxidasa* (IMAO), enzima que cataboliza o destruye la *noradrenalina* cerebral favorecen su acción en las sinapsis en las que interviene como neurotransmisor y mejoran el estado de ánimo. Los psicofármacos *antidepresivos tricíclicos*, las *anfetaminas* y la *cocaína* prolongan la acción de la *noradrenalina* y otros neurotransmisores en sus sinapsis, al impedir que la sobrante sea recapturada o recaptada por la neurona presináptica, y provocan euforia y cambios en el comportamiento parecidos a los de los IMAO. Efectos similares sobre el estado de ánimo se han encontrado con los fármacos que potencian o inhiben las sinapsis *dopaminérgicas*, que actúan sobre el sistema cerebral del placer o de la recompensa. El neurotransmisor *serotonina* desempeña un importante papel en el sueño y en la vigilia, por ejemplo inhibiendo la transmisión del dolor, modulando el desencadenamiento de las conductas de agresión, y alterando los estados emocionales. La interrupción farmacológica de la síntesis de *serotonina* induce episodios transitorios de depresión en personas con antecedentes familiares de este trastorno. Los inhibidores selectivos de la recaptación de la *serotonina* (como el muy conocido *Prozac*) son una familia de fármacos antidepresivos que mejoran el estado de ánimo y la conducta social, impidiendo la acción de los transportadores o proteínas que se ocupan de la recaptación sináptica de las monoaminas *serotonina* y *noradrenalina*, aumentando los niveles de estas sustancias en la unión sináptica y su acción sobre la membrana postsináptica²⁰.

Todo ello no quiere decir que dejen de utilizarse las técnicas electrofisiológicas. Al contrario, se tiene en cuenta que indican la mayor o menor actividad en regiones cerebrales más o menos localizadas y existen, además, fenómenos eléctricos que "acompañan" o se producen al mismo tiempo que se realizan tareas o se detectan o reconocen estímulos significativos, como

por ejemplo los registros obtenidos por medio de la técnica de potenciales evocados cerebrales. Avances en el análisis de la actividad electroencefalográfica permiten una mejor localización de las "fuentes" o regiones donde tienen su origen tales señales²¹. Otros procedimientos de cálculo muestran la variación concomitante, o *coherencia*, en la actividad eléctrica de distintas regiones cerebrales, indicando su posible actuación conjunta o en red durante un proceso mental. Numerosos investigadores emplean la estimulación y el registro eléctrico de neuronas individuales en diferentes animales y preparaciones. Nuevas técnicas como la magnetoencefalografía, basada en el estudio de la actividad eléctrica neuronal a través de los pequeños campos magnéticos que ésta provoca en el cerebro, trabajan también en esta dirección. Pero el mecanismo subyacente sigue siendo el mismo: cambios iónicos a ambos lados de la membrana celular de las neuronas.

¿Es necesario acudir al nivel más molecular de acontecimientos para explicar las bases biológicas del comportamiento? Sí, si se quiere dar cuenta completa de cuáles son dichas bases. No, si el investigador se conforma con explicaciones generales, de tipo molar, del comportamiento, por ejemplo: "la presentación de un estímulo visual afectivo provoca la aparición de un potencial eléctrico cerebral en la región parietooccipital que alcanza su máxima amplitud alrededor de los 700 milisegundos" o "las personas deprimidas muestran una asimetría en la actividad electroencefalográfica más pronunciada en las regiones frontales". Pero una explicación psicobiológica completa debe serlo a nivel molecular o en su defecto con el mayor detalle posible y precisar regiones, núcleos, o sistemas de neurotransmisión implicados.

El último avance, que llegó de la mano de la Genética y de la Biología Molecular ha sido el papel de la herencia genética en la conducta. La Genética de la Conducta tenía ya una larga tradición en Psicobiología. Sin embargo, los avances que se han producido en el último cuarto del siglo XX y durante el siglo XXI permiten conocer de forma detallada los mecanismos que favorecen la inhibición o activación de genes relevantes para la conducta. Estos descubrimientos permiten estudiar las interacciones entre herencia y ambiente: el efecto del entorno físico, biológico y social sobre la expresión de los genes y los cambios en la conducta a lo largo del ciclo vital. Un aspecto en el que tales avances son cruciales para entender las bases biológicas del comportamiento es que los cambios genéticos, como la expresión e inhibición de genes, pueden estar mediando procesos que constituyen la base biológica de la memoria. Dicho de otra forma, se podría explicar cómo las interacciones

20. TRIMBLE, M. R., *Biological Psychiatry. Second Edition*, John Wiley & Sons, Chichester, 1996.

21. CARRETIÉ, L., *Psico fisiología*, Pirámide, Madrid, 2001.

entre el organismo y su ambiente físico y social provocan cambios celulares de tipo bioquímico que conllevan en algunas ocasiones la activación de genes específicos. Estos procesos revelan cómo la experiencia modifica el funcionamiento del sistema nervioso y consecuentemente la conducta.

Los trabajos de Eric R. Kandel²² sobre la habituación del reflejo de retirada del manto de la branquia en la liebre de mar, y de otros investigadores en las sinapsis del hipocampo y otras regiones del sistema nervioso central de los mamíferos, han llevado a descubrir el eslabón perdido entre acontecimientos conductuales que se producen como reacción o respuesta a un cambio en el medio (la estimulación reiterada de receptores sensoriales y la consiguiente *habituación* o *sensibilización* de la respuesta conductual), la localización de las neuronas donde se producen los cambios que llevan a que la habituación de la respuesta en estudio persistan durante el tiempo, en otras palabras, la memoria de la habituación, y los complejos mecanismos sinápticos o intracelulares que provocan la activación de genes o del proceso de síntesis de proteínas y, como resultado, el crecimiento neural y aumento de superficie de contacto sináptico entre dos neuronas, mejorando la transmisión de información entre ellas²³. Se ha localizado así no sólo el “lugar” de la memoria de un aprendizaje (habituación, sensibilización) simple, sino también los mecanismos moleculares que son su base. Estos trabajos llevan a pensar que el mecanismo celular de la memoria es la reorganización de sistemas y circuitos o redes neuronales localizadas en el cerebro como resultado de la experiencia. La investigación psicobiológica explica cómo los acontecimientos externos son capaces, en determinadas condiciones de provocar cambios en la eficacia de las conexiones entre neuronas, y cómo la experiencia individual puede fortalecer o debilitar las conexiones neuronales. Estos cambios sinápticos pueden ser pasajeros o permanentes (memoria), y estos últimos activan genes y el proceso de síntesis de proteínas, lo que es un buen ejemplo de la interacción entre herencia y medio²⁴.

No es ésta la única aproximación al conocimiento

22. KANDEL, E. R. y SIEGELBAUM, S. A., “Cellular mechanisms of implicit memory storage and the biological basis of individuality”, en KANDEL, E. R., SCHWARTZ, J. H., JESSELL, T. M. y SIEGELBAUM, S. E. (eds), *Principles of Neural Science*, McGrawHill, Nueva York, 2013, pp. 1461-1485; KANDEL, E. R., *En Busca de la Memoria. El Nacimiento de una Nueva Ciencia de la Mente*, Katz, Buenos Aires, 2007. En esta última obra el autor hace un relato autobiográfico de sus descubrimientos sobre las bases celulares del aprendizaje.

23. Véase al respecto la revisión MORGADO, I., “Psicobiología del aprendizaje y la memoria: fundamentos y avances recientes”, *Revista de Neurología*, v. 40, (2005), pp. 289-297.

24. SÁNCHEZ ANDRÉS, J. V., “Memoria y conocimiento”, *Revista de Occidente*, n. 272, (2004), pp. 62-87.

de las bases genéticas de la conducta, tanto hereditarias como las que resultan de las interacciones con el ambiente. El camino del genetista de la conducta es doble. Por una parte, da cuenta de los mecanismos moleculares que van del gen a la conducta y de los diversos acontecimientos que pueden modificarlos, y que explican que la expresión de un gen se manifiesta en cambios conductuales o en la tendencia a actuar de determinada manera. Por otra, qué mecanismos genéticos pueden explicar diferencias en la conducta observables en la población general. En otras palabras: del gen a la conducta y de la conducta al gen. El cerebro genético es inseparable del cerebro neuroquímico, y las técnicas neurofisiológicas deben llevar en último extremo al empleo de las genético-bioquímicas. No basta con explicaciones generales de las relaciones entre genes y conducta si no se da cuenta de cuáles son los mecanismos neuronales, de tipo bioquímico implicados. En la investigación animal se avanza hacia modelos causales moleculares, basados en técnicas de Genética y Biología Molecular, que podrían llevar en un futuro a la activación e inactivación selectivas de neuronas en el ser humano. Una de estas técnicas, de empleo creciente en modelos animales, es la *optogenética*. A través de ella se identifican y “marcan” neuronas que se activan al realizar una tarea, al mismo tiempo que se inoculan por manipulación genética proteínas sensibles a la luz. Al iluminar estas proteínas con haces de luz de determinadas longitudes de onda se activan o desactivan neuronas individuales y se comprueba su efecto sobre el comportamiento. Si se llegara a intervenir de ese modo en neuronas individuales en el ser humano se alcanzarían tanto explicaciones causales moleculares, a nivel de actividad neuronal, como técnicas de intervención para modificar comportamientos específicos.

En este contexto de cerebro genético y neuroquímico se inscriben las nuevas técnicas de investigación de *neuroimagen funcional*.

5. Técnicas funcionales de exploración del sistema nervioso

Técnicas funcionales son las que informan acerca de la actividad del sistema nervioso. Son muy variadas y el tipo de actividad detectado puede ser bioeléctrico (*electroencefalografía* y la técnica derivada de *potenciales evocados*), magnético (*magnetoencefalografía*) o metabólico (*tomografía por emisión de positrones* y *resonancia magnética funcional*). Estas técnicas detectan y registran los cambios en la actividad eléctrica cerebral producidos por la manipulación de variables conductuales, como la presentación de estímulos o la realización de tareas.

Mientras que la *electroencefalografía* detecta la actividad eléctrica cerebral obtenida en la superficie

del cuero cabelludo, los *potenciales evocados* muestran cambios en la actividad eléctrica cerebral desencadenados por estímulos específicos, cambios observados al filtrar y transformar la actividad electroencefalográfica. La gran ventaja de estas técnicas es su resolución temporal: su rápido desarrollo, en términos de milisegundos, se corresponde con la velocidad a la que ocurren los procesos cerebrales y la actividad mental. Se manifiestan como ondas sinusoides de menor amplitud que el electroencefalograma que requieren métodos computerizados, especialmente procedimientos de promediado de señal y análisis espectral, para su extracción y cuantificación. Muestran cómo la actividad eléctrica del sistema nervioso central se altera por el efecto de un estímulo físico o un acontecimiento psicológico.

La *magnetoencefalografía* consiste en la detección, medida y representación de los muy pequeños campos magnéticos cerebrales producidos por la actividad neuronal. La resolución temporal es comparable a la electroencefalografía, del orden de milisegundos. Su resolución espacial, o la posibilidad de localizar de forma precisa un foco o fuente de actividad magnética, es mejor que la electroencefalografía pero menor que otras técnicas funcionales como la resonancia magnética.

A partir de los años 90 del siglo XX se produce un importante desarrollo de técnicas dirigidas a conocer la actividad metabólica en diferentes regiones cerebrales. Estas técnicas, sobre todo las de neuroimagen funcional metabólica (*tomografía por emisión de positrones* y especialmente la *resonancia magnética funcional*, unida a la *resonancia magnética estructural*), permiten localizar con mayor precisión regiones cerebrales donde se está produciendo mayor actividad durante la realización de una tarea, o la identificación de las sustancias, como puede ser un neurotransmisor específico, que actúan en dichas regiones. El avance con respecto a la electroencefalografía es notable: mayor precisión en la localización de la actividad y detección de esta actividad tanto en la corteza cerebral como en regiones subcorticales. La innovación que aportan estas técnicas se basa en la medición de cambios metabólicos en las neuronas: el consumo de oxígeno o de glucosa es mayor en aquellos grupos de neuronas más activos en un momento dado. En otras ocasiones se busca directa o indirectamente localizar regiones con mayor o menor presencia de un neurotransmisor. Estas técnicas no proporcionan estrictamente una explicación causal, sino correlacional al apuntar a cambios neuronales concomitantes con procesos psicológicos. Las técnicas de neuroimagen funcional metabólica proporcionan una triple

ventaja:

- Una localización más precisa de las estructuras cerebrales.
- Poseen una vinculación más directa con la actividad celular subyacente.
- Permiten conocer los cambios en la actividad cerebral en humanos mientras se realizan tareas, por lo que se puede atisbar el funcionamiento del cerebro en tiempo real.

Las representaciones visuales que producen las técnicas de neuroimagen sirven bien a la inteligibilidad que persigue el quehacer científico: son mosaicos de colores con un significado, que se comprenden fácilmente, casi a simple vista.

En sentido amplio el término Neuroimagen Funcional se emplea para describir cualquier *representación visual* de la actividad del sistema nervioso humano. Así, la conversión o transformación de la actividad electroencefalográfica y *magnetoencefalográfica* en imágenes da origen a representaciones visuales (*cartografía electroencefalográfica* o *neuroimagen magnetoencefalográfica* o de *potenciales evocados*, en su caso) que la sitúan o localizan en la corteza cerebral. Como se ha dicho, en los últimos años han alcanzado un importante impulso las llamadas técnicas de Neuroimagen, basadas en el estudio de la actividad metabólica cerebral (*Resonancia Magnética Funcional* y *Tomografía por Emisión de Positrones*). Estas últimas técnicas son también correlatos centrales debido a que estudian directamente la actividad cerebral, pero con una resolución espacial mucho mayor que la Electroencefalografía, la Magnetoencefalografía y los potenciales evocados, lo que permite una mejor localización de dónde se está produciendo un aumento en la actividad de grupos de neuronas, núcleos o sistemas cerebrales, siendo además inocuas, como en el caso de la resonancia magnética funcional, o poco agresivas en el caso de la tomografía por emisión de positrones.

Las técnicas de neuroimagen funcional metabólica representan la actividad neuronal asociada o relacionada con conductas y procesos mentales específicos, referidos a regiones cerebrales anatómicamente bien definidas, y en relación con procesos neuronales muy conocidos a nivel molecular (metabolismo, neurotransmisión, modulación, propiedades bioeléctricas, potenciales de membrana). Permiten por tanto establecer relaciones muy precisas entre procesos mentales, actividad cerebral y algunos procesos celulares específicos²⁵.

25. Pozo, M. A., "Neuroimagen funcional: Una ventana abierta

La *tomografía por emisión de positrones* emplea fármacos que emiten radioactividad y que tienen la propiedad de unirse a moléculas orgánicas asociadas a la actividad neuronal. A través de ella se pueden confeccionar mapas de la distribución en el cerebro de una sustancia, por ejemplo un neurotransmisor. No es una técnica totalmente inocua ya que emplea sustancias radioactivas que el organismo va eliminando poco a poco.

La *resonancia magnética funcional* detecta indirectamente la actividad del tejido cerebral a través de cambios localizados en el nivel de oxígeno (oxigenización y desoxigenización) de la sangre. Representa la actividad de un gran número de neuronas y se basa en que la actividad neuronal y la hemodinámica van unidas. Los cambios hemodinámicos son más lentos que los neuronales, por lo que su resolución temporal aun siendo mayor que la de la tomografía por emisión de positrones, es menor que la de la electroencefalografía. Ofrece a la vez una imagen anatómica muy precisa, por lo que su resolución espacial es mayor y permite correlacionar datos funcionales y anatómicos directamente.

Los hallazgos obtenidos con estas técnicas apoyan el principio localizacionista según el cual la conducta y los procesos mentales dependen de la actividad de sistemas cerebrales, o de “redes neuronales de centros”, distribuidos. Además, aportan gran cantidad de información nueva sobre las bases neuronales del comportamiento, por lo que constituyen una de las herramientas más potentes para el estudio del cerebro en el sujeto humano intacto. Hacen posible una localización mejor de los mecanismos cerebrales responsables de la conducta y de los procesos mentales y son un buen complemento de otras técnicas. Por ejemplo, permiten localizar y cuantificar de forma muy precisa la extensión de las lesiones cerebrales en el ser humano y medir el volumen de tejido afectado. Antes sólo se podían localizar con un detalle suficiente a través de técnicas radiológicas menos precisas o a través del estudio *post-mortem*.

En algunos casos las técnicas de neuroimagen funcional han aportado datos de validación convergente de estudios de lesión. Un ejemplo es el estudio de los mecanismos cerebrales de la toma de decisiones. Los trabajos de Antonio Damasio y colaboradores²⁶ han demostrado que una porción

de la *corteza prefrontal* en el ser humano, en concreto el sector *ventromedial*, desempeña un papel fundamental en la toma de decisiones, que se manifiesta en que las personas con lesiones en dicha región no realizan adecuadamente una tarea estándar de toma de decisiones, en concreto la tarea de apuestas de Iowa (“Iowa Gambling Task”). Al mismo tiempo, los estudios de neuroimagen en personas sanas muestran que la realización de esta tarea va acompañada de aumentos en la actividad de la *corteza prefrontal ventromedial*²⁷. Ambas técnicas, lesión y neuroimagen funcional, corroboran el papel de la corteza prefrontal ventromedial en la toma de decisiones.

Un cambio conceptual aportado por el uso e interpretación de las técnicas de neuroimagen funcional es el paso del enfoque puramente correlacional (una o más regiones del cerebro se activan más que otras al realizar una tarea) al estudio de la *conectividad* entre las regiones cerebrales. Dado que un proceso mental o la realización de una tarea dependen de la intervención de sistemas cerebrales distribuidos, tan importante es identificar las zonas o regiones que se activan como las conexiones entre ellas. Estas técnicas hacen posible establecer secuencias temporales de activación en los grupos de neuronas, que indican cuáles se activan antes que otras, y cuáles parecen regular a otras que, a su vez, se encontrarán en situación de dependencia de las primeras. En esta senda se encuentran técnicas cercanas a la resonancia magnética, como la del *tensor de difusión* que muestra las conexiones existentes a nivel estructural, así como las derivadas del estudio de la conectividad funcional. Son un paso adelante en la búsqueda de relaciones causales en sentido fuerte: la actividad de una región cerebral rige o regula a otras. En relación con la *predicción*, estas técnicas proporcionan la base empírica para elaborar modelos predictivos acerca de cómo se comportarán, en términos de mayor o menor activación, diferentes regiones cerebrales en unas condiciones experimentales dadas. Las predicciones de algunos de estos modelos se han cumplido²⁸.

413, y MARTÍNEZ SELVA, J. M., “Psychobiological explanations in decision-making and Neuroeconomics”, en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Philosophy of Psychology: Causality and Psychological Subject. New Reflections on James Woodward’s Contribution*, Walter de Gruyter, Boston/Berlín, en prensa.

27. NORTHOFF, G., GRIMM, S., BOEKER, H., SCHMIDT, C., BERMPHOHL, F., HELL, D. y BOESIGER, P., “Affective judgement and beneficial decision making: Ventromedial prefrontal activity correlates with performance in the Iowa Gambling Task”, *Human Brain Mapping*, v. 27, (2006), pp. 572-587.

28. Véase POLDRACK, R. A. y FARAH, M. J., “Progress and challenges in probing the human brain”, *Nature*, v. 526, (2015), pp. 371-379.

al funcionamiento del cerebro”, *Revista de Occidente*, n. 272, (2004), pp. 7-23.

26. Véase DAMASIO, A. R., *El error de Descartes: La Razón, la Emoción y el Cerebro Humano*, Debolsillo, Barcelona, 1999, y para revisiones más recientes MARTÍNEZ SELVA, J. M., SÁNCHEZ NAVARRO, J. P. y BECHARA, A., “Un sistema cerebral distribuido para la toma de decisiones”, *Salud (i) Ciencia*, v. 17, (2010), pp. 409-

6. De la Psicología Cognitiva a la Neurociencia Cognitiva

Uno de los ejemplos más interesantes de los efectos del empleo de las técnicas de exploración del sistema nervioso central, y de sus repercusiones en la forma de entender el comportamiento, procede del empleo de las técnicas no agresivas de estudio del cerebro humano intacto para verificar los hallazgos de la Psicología Cognitiva, buscando una base biológica para los modelos de funcionamiento cognitivo o de procesamiento de la información humana. Inicialmente el desarrollo de las técnicas electroencefalográficas, y especialmente de los potenciales evocados, permitió la evolución de una Psicología Cognitiva “sin cerebro” a la moderna Neurociencia Cognitiva, como ciencia integradora de lo mental y lo biológico.

Desde su nacimiento en los años 50 y 60 del pasado siglo, la Psicología Cognitiva se ocupó del estudio y descripción de los procesos mentales que intervienen en la detección y análisis de la información, y en su almacenamiento, recuperación y utilización. Durante años la Psicología Cognitiva no prestó atención a las bases biológicas del comportamiento, entendiendo que era posible una explicación de los hechos psicológicos que fuera independiente de la explicación a nivel fisiológico, pero asegurando al tiempo que la explicación a diferentes niveles no niega la reducción de los procesos mentales a los neuronales²⁹.

El desarrollo de la técnica de potenciales evocados cerebrales reconcilió a la Psicología Cognitiva con el estudio del sistema nervioso central y devolvió a sus partidarios el interés por los mecanismos biológicos de la conducta. Algunos componentes (partes de la onda sinusoide) de los potenciales evocados varían en sus características físicas (temporales y de amplitud) en función de la tarea que realiza el individuo y de los procesos cognitivos puestos en juego para llevarla a cabo. Estas variaciones en los parámetros de la onda que constituye el potencial evocado indican algo acerca de los mecanismos cerebrales que sustentan e intervienen en dicho proceso, aunque no se pueda localizar con mucha precisión anatómica la “fuente” de estas variaciones en el potencial que se mide ya que la resolución espacial es baja. A pesar de esta limitación la técnica de potenciales evocados se ha revelado durante años como una forma de validar las teorías y modelos de la Psicología Cognitiva.

La principal ventaja de los potenciales evocados es su rapidez, ya que se desarrollan a la misma velocidad

con la que se producen los procesos mentales involucrados presuntamente en el procesamiento y análisis de la información propuestos por los psicólogos cognitivos. Ambos cambios, los procesos mentales y los electrofisiológicos pueden ponerse en relación fácilmente. Se puede establecer también un paralelismo entre los modelos de análisis *secuencial* de la información que formula la Psicología Cognitiva y la actividad cerebral diferencial que se manifiesta en los potenciales evocados. Además, existe cierta semejanza conceptual entre los modelos de análisis secuencial de la información, los datos procedentes de las técnicas cronométricas, como el *tiempo de reacción simple*, y los de los potenciales evocados.

Puede decirse que este fue el origen de la llamada Neurociencia Cognitiva. Las técnicas de neuroimagen funcional han continuado apoyando esta interpretación y son cada vez más usadas. Las ventajas en la localización cerebral que proporcionan, especialmente la resonancia magnética funcional, han llevado a formular nuevas interpretaciones de las relaciones entre lo neuronal y lo biológico que han reforzado la Neurociencia Cognitiva y la presentan como una disciplina integradora de lo físico y lo mental³⁰.

7. Nuevas explicaciones biológicas del comportamiento

El resultado del empleo masivo de estas técnicas en todos los ámbitos del comportamiento ha traído consigo cambios conceptuales, consistentes en la elaboración de hipótesis que aparentemente “explican” o más bien describen qué hace el cerebro y sus distintas regiones y por lo tanto qué sistemas de estructuras regulan o gobiernan un comportamiento, dando la impresión de que se “conoce” qué está ocurriendo en el cerebro y de que se han identificado los mecanismos responsables de tal comportamiento. En teoría estas técnicas localizan y muestran la “red” o sistema cerebral que se activa cuando el sujeto realiza una tarea. Esta red de estructuras se identifica con el origen neuronal del comportamiento.

Un ejemplo de estas interpretaciones es la que proporcionan los investigadores que estudian las bases neuronales de la “conducta moral”. La observación de las áreas cerebrales que se activan cuando las personas deben tomar decisiones morales lleva a algunos neurocientíficos a hablar de “un sustrato neuronal común de los procesos de toma

29. SIMON, H. A. “What is an “Explanation” of behavior?”, *Psychological Science*, v. 3, (1992), pp. 150-161. Compilado en THAGARD, P. (ed), *Mind Readings. Introductory Selections on Cognitive Science*, The MIT Press, Cambridge, MA, 1998, pp. 1-28.

30. KANDEL, E. R., “From nerve cells to cognition: The internal representations of space and action”, en KANDEL, E. R., SCHWARTZ, J. H., JESSELL, T. M. y SIEGELBAUM, S. E. (eds), *Principles of Neural Science*, McGrawHill, Nueva York, 2013, pp. 370-391.

de decisiones morales³¹, que consiste en una serie de estructuras cerebrales (*corteza prefrontal ventromedial, corteza orbitofrontal, corteza cingulada posterior y surco temporal superior posterior*) que generan los procesos y subprocesos que llevan a un individuo a elegir un comportamiento que consideran moralmente correcto o apropiado en uno de estos dilemas o a clasificar una respuesta a los mismos como apropiada o inapropiada. Se llega a establecer así “redes” o “matrices” neuronales que, aparentemente, poseen un valor explicativo pero que únicamente resaltan la ventaja comparativa de la resonancia magnética funcional respecto a otras técnicas, consistente en una mejor resolución espacial que lleva a una mejor localización de estructuras, pero no a una mejor comprensión de la naturaleza de los mecanismos subyacentes a estos aspectos de la conducta moral.

Un supuesto subyacente a este tipo de interpretaciones, directamente relacionado con el localizacionismo es el de “modularidad”, según el cual la mente y el cerebro se dividen en partes o “módulos” diferentes, cuya actividad puede estudiarse a través de la resonancia magnética funcional. Estos módulos consisten en circuitos neuronales entre los que puede establecerse cierta segregación funcional: los módulos están separados espacialmente y especializados en funciones diferentes³². Sin embargo, muchas funciones cerebrales se llevan a cabo de forma distribuida, de manera que muchas regiones cerebrales trabajan a la vez en el desempeño de una sola función. No es de extrañar que algunos investigadores disconformes con estas nuevas interpretaciones o explicaciones han señalado que el punto fuerte de estas técnicas, la mejor localización de la actividad, puede llevar a una nueva Frenología que localice estructuras más o menos activas, pero que no explique qué es lo que realmente ocurre en el cerebro³³.

8. Problemas y limitaciones de las técnicas de neuroimagen y de las explicaciones psicobiológicas que aportan

En principio, estas técnicas no indican “causas” ni proporcionan aproximaciones moleculares, pero apuntan a regiones cerebrales que pueden controlar comportamientos avanzando en la localización

31. HEEKEREN, H. R., WARTENBURGER, I., SCHMIDT, H., PREHN, K., SCHWINTOWSKI, H.-P. y VILLRINGER, A., “Influence of bodily harm on neural correlates of semantic and moral decision making”, *Neuroimage*, v. 24, (2005), pp. 887-897, p. 894.

32. LOGOTHETIS, N., “What we can do and what we cannot do with fMRI”, *Nature*, v. 453, (2008), pp. 869-878.

33. Véase KRINGELBACH, M. y ROLLS, E.T., “The functional neuroanatomy of the human orbitofrontal cortex: evidence from neuroimaging and neuropsychology”, *Progress in Neurobiology*, v. 72, (2004), pp. 341-372.

de estructuras que rigen o controlan procesos psicológicos. Como se ha dicho, la adopción del enfoque correlacional no implica una manipulación del sistema nervioso central relevante para la tarea o para la variable dependiente, en este caso la realización de una conducta. Este carácter correlacional limita su poder explicativo en sentido “fuerte”, es decir de relación causal o de necesidad. Pero, como también se ha señalado antes, existen sistemas de análisis de datos que apuntan a cierta jerarquía funcional en las zonas estudiadas o, al menos, a cierta actividad secuencial, lo que constituye un paso adelante para establecer relaciones causales fuertes.

Por otro lado, la mayor actividad metabólica detectada en una estructura (una de las principales ventajas de estas técnicas) puede indicar tanto activación como inhibición. Es decir, que aquella región que se manifiesta como más activa puede en realidad estar ejerciendo una inhibición sobre otras. Distinguir esto es crucial desde un punto de vista funcional pues permite comprender cómo funciona el cerebro durante la realización de una tarea. Es difícil conocer a priori si el metabolismo que manifiesta una estructura aumenta o disminuye cuando está inhibiendo a otra. Deben pues conocerse por otros métodos los circuitos y la organización de la región del cerebro que se estudia ¿Qué significa que se activa más una región que otra al observar un estímulo visual afectivo o antes de tomar una decisión? La observación de una mayor actividad en una región o estructura dice poco en principio respecto a cuál es la auténtica naturaleza de las relaciones entre las diferentes estructuras o dentro de un sistema que se activan a la hora de realizar una conducta.

Pero también, debido a su misma naturaleza, estas técnicas pueden mostrar activación en otras regiones debido a otros procesos fisiológicos no relacionados con los necesarios para la realización de la conducta en estudio. Que una región se active mientras se realiza una tarea no quiere decir que esa región sea *necesaria* para su ejecución. Puede que se active debido al hecho de que está conectada con la región que sí es necesaria. Por otro lado, hay regiones que pueden estar siempre activas con independencia de la tarea, implicadas en funciones de modulación, como mantener despierto y activo al sujeto. Si se compara la realización en reposo y durante la ejecución de la tarea, puede que no se detecte la actividad al medir sólo aquella que es diferente entre ambos estados³⁴.

Sus límites pueden estar también en la relevancia de la actividad de pequeñas poblaciones neuronales

34. RORDEN, C. y KARNATH, H.-O., “Using human brain lesions to infer function: A relic from a past era in the fMRI age?”, *Nature Reviews Neuroscience*, v. 5, (2004), pp. 813-819.

cuya respuesta específica a diferentes estímulos o situaciones no sería detectada por su baja intensidad y, consecuentemente, pasaría desapercibida con estas técnicas. La representación dispersa de un comportamiento en áreas cerebrales muy pequeñas, constituidas por un reducido número de neuronas, puede impedir localizarlas y conocer sus funciones. Otro grupo de críticas ha ido dirigido a problemas en los programas estadísticos que procesan los datos y que pueden conducir a errores de interpretación acerca de qué regiones son las que muestran más activación. Debe tenerse en cuenta que se estudian agrupaciones relativamente amplias de neuronas que pueden no ser homogéneas, pues los algoritmos o procedimientos de cálculo utilizados configuran grupos de neuronas que se supone poseen funciones similares. Así, un procedimiento habitual es comparar un estado de gran actividad y otro de actividad mínima y explorar la actividad en una o más regiones. En una de éstas pueden incluirse neuronas no activas en una zona en la que hay otras muy activas. Cuando la señal de actividad que se desea captar es débil puede ocurrir el resultado opuesto. Otro problema es el supuesto de *uniformidad*. Se suele suponer una uniformidad básica del cerebro humano que no es tal. Las personas difieren en la anatomía de su cerebro y posiblemente en cómo lleva a cabo sus funciones. La variabilidad es importante. Los cambios en la actividad de un área del cerebro de una persona pueden no corresponderse con los cambios en el cerebro de otra mientras realizan la misma tarea ³⁵.

En defensa de estas técnicas hay que señalar que gran parte de los hallazgos obtenidos en diferentes áreas de investigación (toma de decisiones, regulación del afecto, valoración emocional de estímulos sensoriales) va siendo corroborada por grupos de investigadores en diferentes laboratorios, lo que confirma a rasgos generales y en ámbitos específicos

35. Una serie de trabajos ha revisado en los últimos años las limitaciones de las técnicas de neuroimagen funcional y de las conclusiones con ellas alcanzadas. Véase LOGOTHETIS, N., "What we can do and what we cannot do with fMRI", *Nature*, v. 453, (2008), pp. 869-878; RORDEN, C. y KARNATH, H.-O., "Using human brain lesions to infer function: A relic from a past era in the fMRI age?", *Nature Reviews Neuroscience*, v. 5, (2004), pp. 813-819; POLDRACK, R. A. y FARAH, M. J., "Progress and challenges in probing the human brain", *Nature*, v. 526, (2015), pp. 371-379; POLDRACK, R. A., BAKER, C. I., DURNER, J., GORGOLEWSKI, K. J., MATTHEWS, P. M., MUNAFÒ, M. R., NICHOLS, T. E., POLINE, J.-B., VUL, E. y YARKONI, T., "Scanning the horizon: Towards transparent and reproducible neuroimaging research", *Nature Reviews Neuroscience*, v. 18, (2017), pp. 115-126; STELZER, J., LOHMAN, G., MUELLER, K., BUSCHMANN, T. y TURNER, R., "Deficient approaches to human neuroimaging", *Frontiers in Human Neuroscience*, v. 8, (2014), 462, doi: 10.3389/fnhum.2014.00462; GONZÁLEZ-GARCÍA, C., TUDELA, P. y RUIZ, M., "Resonancia magnética funcional: Análisis crítico de sus implicaciones técnicas, estadísticas y teóricas en neurociencia humana", *Revista de Neurología*, v. 58, (2014), pp. 318-325.

su validez. Es por tanto crucial conseguir la mayor replicabilidad de los estudios que conduzca a la mayor generalización posible de los resultados y a su confirmación por medio de otros procedimientos y técnicas a través de la validación convergente. Esto incluye, entre otros pasos, emplear criterios metodológicos y de presentación de resultados más estrictos y refinar los métodos de análisis estadísticos empleados, como han apuntado tanto investigadores como editores de las revistas más destacadas³⁶.

En resumen, estas técnicas no explican del todo, pero localizan, poseen relación indirecta con los mecanismos de funcionamiento celular y constituyen un avance importante en la búsqueda de explicaciones causales fuertes. Deben necesariamente complementarse con otras técnicas como la de lesión y con estudios más moleculares. Como se ha dicho, las técnicas de lesión permiten un enfoque causal: confirman que una estructura desempeña un papel esencial en ese proceso o en esa conducta que se estudia. En esta línea de complementariedad de técnicas, la tomografía por emisión de positrones, a pesar de poseer una resolución temporal y espacial menor que la resonancia magnética funcional (y por tanto menor precisión en la localización de estructuras y su actividad), puede por el contrario identificar los neurotransmisores, u otras sustancias activas, presentes en varias regiones durante la realización de una tarea dada. Por ello, está en cierto sentido más cerca de los mecanismos moleculares del comportamiento.

Una explicación científicamente válida sería la que describiera el papel de los mecanismos biológicos (sistemas o estructuras cerebrales, neuronas, neurotransmisores, fármacos) en procesos psicológicos específicos (tareas atencionales, emociones específicas, toma de decisiones) y cuál es la naturaleza cuantitativa o cualitativa de tal relación (correlación, causa, interacción entre variables) a nivel molecular por lo que, de momento, es preciso un enfoque interdisciplinar. Las técnicas de investigación y los hallazgos obtenidos con ellas han provocado cambios importantes en la manera de estudiar y comprender las relaciones entre cerebro y comportamiento que avanzan hacia explicaciones más moleculares basadas en relaciones causales fuertes. Mientras tanto no se debe olvidar que las técnicas no son sólo técnicas: se inscriben en formas de dar respuesta a un problema, evolucionan, conllevan implícita o explícitamente un enfoque del mismo y, a veces, un cambio en la forma de abordarlo, y requieren validación externa por parte de las otras ciencias experimentales de las que proceden. Cada problema exige un tipo de técnica.

36. Editorial, "Fostering reproducible fMRI research", *Nature Neuroscience*, v. 20, (2017), p. 298.

La más adecuada será aquella que proporcione la información de la mejor calidad posible acerca de las relaciones entre el sistema nervioso y la conducta, la que permita una aproximación más molecular, la que mejor se adapte al problema y a la conducta específica que se estudia y al tipo de situación experimental,

sin perder de vista si existen o no otras técnicas disponibles más apropiadas y si se pueden combinar. Desde el punto de vista teórico la explicación más completa vendrá dada por la integración de los datos procedentes de las diferentes técnicas hasta ahora utilizadas.

Bibliografía

- BARLOW, J. S., *The Electroencephalogram. Its Patterns and Origins*, The MIT Press, Cambridge, MA, 1993.
- BUNGE, M., *Una Filosofía Realista para el Nuevo Milenio*, Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Lima, 2007.
- BUNGE, M. y ARDILA, R., *Filosofía de la Psicología*, Ariel, Barcelona, 1988.
- BUSS, D. M., *Evolutionary Psychology. The new science of mind*, Third Edition. Allyn and Bacon, Boston, 2008.
- CARRETIÉ, L., *Psicofisiología*, Pirámide, Madrid, 2001.
- CARRETIÉ, L., HINOJOSA, J.A., ALBERT, J., LÓPEZ-MARTÍN, S., DE LA GÁNDARA, B.S. IGOA, J.M. y SOTILLO, "Modulation of ongoing cognitive processes by emotionally intense words", *Psychophysiology*, v. 45, (2008), pp. 188-196.
- DAMASIO, A. R., *El error de Descartes: La Razón, la Emoción y el Cerebro Humano*, Debolsillo, Barcelona, 1999. Editorial, "Fostering reproducible fMRI research", *Nature Neuroscience*, v. 20, (2017), p. 298.
- GOLDMAN-RAKIC, P. S., "Working memory and the mind", *Scientific American*, v. 267, (1992), pp. 111-117.
- GONZÁLEZ-GARCÍA, C., TUDELA, P. Y RUZ, M., "Resonancia magnética funcional: Análisis crítico de sus implicaciones técnicas, estadísticas y teóricas en neurociencia humana", *Revista de Neurología*, v. 58, (2014), pp. 318-325.
- GREY-WALTER, W., *El Cerebro Viviente*, Fondo de Cultura Económica, México, 1961.
- HEEKEREN, H. R., WARTENBURGER, I., SCHMIDT, H., PREHN, K., SCHWINTOWSKI, H.-P. y VILLRINGER, A., "Influence of bodily harm on neural correlates of semantic and moral decision making", *Neuroimage*, v. 24, (2005), pp. 887-897.
- JUNQUÉ, C. y BARROSO, J. (coords), *Manual de Neuropsicología*, Síntesis, Madrid, 2009.
- KANDEL, E. R., "From nerve cells to cognition: The internal representations of space and action", en KANDEL, E. R., SCHWARTZ, J. H., JESSELL, T. M. y SIEGELBAUM, S. E. (eds), *Principles of Neural Science*, McGrawHill, Nueva York, 2013, pp. 370-391.
- KANDEL, E. R. y SIEGELBAUM, S. A., "Cellular mechanisms of implicit memory storage and the biological basis of individuality", en KANDEL, E. R., SCHWARTZ, J. H., JESSELL, T. M. y SIEGELBAUM, S. E. (eds), *Principles of Neural Science*, McGrawHill, Nueva York, 2013, pp. 1461-1485.
- KANDEL, E. R., *En Busca de la Memoria. El Nacimiento de una Nueva Ciencia de la Mente*, Katz, Buenos Aires, 2007.
- KRINGELBACH, M. y ROLLS, E.T., "The functional neuroanatomy of the human orbitofrontal cortex: evidence from neuroimaging and neuropsychology", *Progress in Neurobiology*, v. 72, (2004), pp. 341-372.
- LOGOTHETIS, N., "What we can do and what we cannot do with fMRI", *Nature*, v. 453, (2008), pp. 869-878.
- LUCK, S. J., *An Introduction to the Event-Related Potential Technique*, The MIT Press, Cambridge, MA, 2005.
- LURIA, A. R., *El Cerebro en Acción*, Fontanella, Barcelona, 1979.
- MARTÍNEZ SELVA, J. M., *Psicofisiología*, Síntesis, Madrid, 1995.
- MARTÍNEZ SELVA, J. M., "Conceptual changes in biological explanations of behaviour", en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Conceptual Revolutions: From Cognitive Science to Medicine*, Netbiblo, A Coruña, 2011, pp 97-136.
- MARTÍNEZ SELVA, J. M., "Psychobiological explanations in decision-making and Neuroeconomics", en GONZÁLEZ, W. J. (ed.), *Philosophy of Psychology: Causality and Psychological Subject. New Reflections on James Woodward's Contribution*, Walter de Gruyter, Boston/Berlín, en prensa.
- MARTÍNEZ SELVA, J. M., SÁNCHEZ NAVARRO, J. P. y BECHARA, A., "Un sistema cerebral distribuido para la toma de decisiones", *Salud (i) Ciencia*, v. 17, (2010), pp. 409-413.
- MORGADO, I., "Psicobiología del aprendizaje y la memoria: fundamentos y avances recientes", *Revista de Neurología*, v. 40, (2005), pp. 289-297.
- MOUSE GENOMA SEQUENCING CONSORTIUM, "Initial sequencing and comparative analysis of the mouse genome", *Nature*, v. 437, (2005), pp. 520-562.
- NORTHOFF, G., GRIMM, S., BOEKER, H., SCHMIDT, C., BERMPHOHL, F., HELL, D. y BOESIGER, P., "Affective judgement and beneficial decision making: Ventromedial prefrontal activity correlates with performance in the Iowa

- Gambling Task", *Human Brain Mapping*, v. 27, (2006), pp. 572-587.
- POLDRACK, R. A., BAKER, C. I., DURNEZ, J., GORGOLEWSKI, K. J., MATTHEWS, P. M., MUNAFÒ, M. R., NICHOLS, T. E., POLINE, J.-B., VUL, E. y YARKONI, T., "Scanning the horizon: Towards transparent and reproducible neuroimaging research", *Nature Reviews Neuroscience*, v. 18, (2017), pp. 115-126.
- POLDRACK, R. A. y FARAH, M. J., "Progress and challenges in probing the human brain", *Nature*, v. 526, (2015), pp. 371-379.
- POZO, M. A., "Neuroimagen funcional: Una ventana abierta al funcionamiento del cerebro", *Revista de Occidente*, n. 272, (2004), pp. 7-23.
- PUELLES, L. V., "Sustrato neural del pensamiento", en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Aspectos Metodológicos de la Investigación Científica*, Universidad de Murcia y Universidad Autónoma de Madrid, 1990, pp. 293-304.
- QUIROGA, R. Q., REDDY, L., KREIMAN, G., KOCH, C. y FRIED, I., "Invariant visual representation by single neurons in the human brain", *Nature*, v. 435, (2005), 1102-1107.
- RORDEN, C. y KARNATH, H.-O., "Using human brain lesions to infer function: A relic from a past era in the fMRI age?", *Nature Reviews Neuroscience*, v. 5, (2004), pp. 813-819.
- ROSELLI, D., "Phineas Gage, 'Tan' y la importancia de los casos clínicos", *Revista de Neurología*, v. 40, (2005), pp. 122-124.
- ROSENZWEIG, M. R., BREEDLOVE, S. M. y WATSON, N. V., *Psicobiología. Una Introducción a la Neurociencia Conductual, Cognitiva y Clínica*, Ariel, Barcelona, 2005.
- SÁNCHEZ ANDRÉS, J. V., "Memoria y conocimiento", *Revista de Occidente*, n. 272, (2004), pp. 62-87.
- SEABROOK, J., "Suffering souls. The search for the roots of psychopathy", *The New Yorker*, 10 November, (2008). (www.newyorker.com)
- SIMON, H. A., "What is an "Explanation" of behavior?", *Psychological Science*, v. 3, (1992), pp. 150-161. Compilado en THAGARD, P. (ed), *Mind Readings. Introductory Selections on Cognitive Science*, The MIT Press, Cambridge, MA, 1998, pp. 1-28.
- STELZER, J., LOHMAN, G., MUELLER, K., BUSCHMANN, T. y TURNER, R., "Deficient approaches to human neuroimaging", *Frontiers in Human Neuroscience*, v. 8, (2014), 462, doi: 10.3389/fnhum.2014.00462.
- The Chimpanzee Sequencing and Analysis Consortium, "Initial sequence of the chimpanzee genome and comparison with the human genome", *Nature*, v. 437, (2005), pp. 69-87.
- THOMPSON, R. F. y SPENCER, W. A., "Habituation: a model phenomenon for the study of neural substrates of behavior", *Psychological Review*, v. 73, (1966), pp. 16-43.
- TRIMBLE, M. R., *Biological Psychiatry. Second Edition*, John Wiley & Sons, Chichester, 1996.
- VANDERWOLF, C. H. y ROBINSON, T. E., "Reticulocortical activity and behavior: A critique of the arousal theory and a new sintesis", *Behavioral and Brain Sciences*, v. 4, (1981), pp. 459-514.
- WAGENSBERG, J., "Lo falso en el conocimiento científico", *Letras Libres*, nº 87, (2008), pp. 28-30.

La investigación sobre enfermedades neurodegenerativas: Problemas epistemológicos y metodológicos

Research on neurodegenerative diseases:

Epistemological and methodological issues

Francisco Javier Romero* y Cristina Rodríguez Luque**

* Universidad Europea de Valencia, Valencia (España)
E-mail: franciscojavier.romero@universidadeuropea.es

** Universidad San Pablo CEU, Madrid (España)
E-mail: cristina.rodriguezluque@ceu.es

Resumen: En el marco de la investigación sobre enfermedades neurodegenerativas, y a modo de ejemplo muy característico de los diferentes aspectos de la investigación sobre las mismas, el cambio sustancial en la manera de abordar este problema científico viene dado por el redescubrimiento de la existencia de células troncales en el tejido nervioso adulto. En el presente texto se pretende analizar la investigación en enfermedades neurodegenerativas partiendo de una concepción en el avance de la Ciencia en la que los factores sociales desempeñan un papel relevante. Si bien se concibe que el conocimiento científico avanza por cambios más conceptuales que sociales, se considera que los medios de comunicación pueden influir también en el avance de las investigaciones. El estudio del Alzheimer, el Parkinson o la Corea de Huntington ha experimentado una serie de cambios epistemológicos y en la metodología de la investigación a partir de los avances con células troncales, que han supuesto la introducción de nuevos paradigmas de estudio, hecho del que la prensa se ha hecho eco ampliamente. Partiendo de esta premisa inicial, se pretende analizar la posible correlación entre la evolución epistemológica y metodológica de las investigaciones en enfermedades neurodegenerativas con su presencia creciente en la prensa española a raíz de la divulgación de los estudios sobre células troncales a través de canales no especializados, como los diarios generalistas *El País* y *ABC*.

Palabras clave: enfermedades neurodegenerativas, enfermedad de Alzheimer, enfermedad de Parkinson, enfermedad de Huntington, células madre.

Abstract: In the context of neurodegenerative diseases research, and as a very typical example, there is a substantial change in the way this scientific issue is handled, and it is the rediscovery of the existence of stem cells in the nervous tissue. Herein we will analyze the research on neurodegenerative diseases in the light of scientific advancement where social factors play a relevant role. Although it is accepted that scientific knowledge advances most by conceptual rather than social changes, it is considered that communication media could influence in the advancement of research. The study of Alzheimer's, Parkinson's or Huntington's diseases have experienced epistemological and methodological changes in view of the advancement on stem cell research, that have proposed new paradigms, that the media have widely echoed. From this initial standpoint, we try to analyze the possible correlation between epistemological and methodological progression of neurodegenerative diseases research and its increasing presence in the media, based on the outreach of stem cell studies through two well-known Spanish newspapers: *El País* and *ABC*.

Keywords: neurodegenerative diseases, Alzheimer's disease, Parkinson's disease, Huntington's disease, stem cells.

En el marco de la investigación sobre enfermedades neurodegenerativas, y a modo de ejemplo muy característico de los diferentes aspectos de la investigación sobre las mismas, el cambio sustancial en la manera de abordar este problema científico viene dado por el redescubrimiento de la existencia de células troncales en el tejido nervioso adulto. La evolución reciente de los resultados científicos es una secuencia que perfectamente se puede catalogar de lógica. La participación de la Ciencia española en este problema tampoco es desdeñable y se recogen en esta revisión, en la medida de lo posible, algunas de las aportaciones más relevantes de científicos españoles.

Las enfermedades neurodegenerativas se caracterizan todas ellas porque el deterioro funcional que se observa en los pacientes se correlaciona con la muerte de ciertos grupos de neuronas en determinados núcleos cerebrales. Las manifestaciones clínicas son muy distintas en función de las neuronas afectadas en cada enfermedad: la de Alzheimer y cierta pérdida de memoria, la de Parkinson con alteraciones motoras, la demencia senil con otras alteraciones cognitivas, etc. Pero en todos los casos se producen por la muerte/degeneración de las mismas. Esto atrajo la atención de muchos investigadores y el número de publicaciones dedicadas al esclarecimiento de los procesos de 'muerte celular' se incrementó notablemente. En paralelo a esta línea y un poco después en el tiempo, se comenzó a reevaluar la posibilidad de reemplazar las células muertas en las diferentes partes del cerebro con células capaces de ejercer la función perdida en cada caso. Estos intentos de trasplantes se enfrentaban desde el principio al conocido problema del rechazo que condujo a intentar minimizarlo de todas las maneras posibles. Un ejemplo español muy loable de esto fue el intento de autotrasplante de células dopaminérgicas del glomus carotídeo en la sustancia negra. Alternativamente a ello se piensa en las células troncales, especialmente en las de origen embrionario, pero no se conocen bien los mecanismos de control de su capacidad de crecimiento todavía, por lo que, si no se descartan, la progresión científica en este ámbito se ralentiza. El descubrimiento de la existencia de células troncales en el cerebro adulto supone cierto quiebro en los planteamientos pues, si existe la neurogénesis adulta, la 'panacea universal' realmente podría ser la modulación de la actividad de éstas, con las implicaciones que ello tiene y que posteriormente se mencionarán.

Dadas las implicaciones éticas que concurren en este problema, por un lado, la participación del uso de células troncales y, por otro, la enorme repercusión social de este tipo de enfermedades, en España se ha podido constatar una influencia mutua entre las publicaciones científicas y sus resultados y la opinión

pública (tomando como referencia a los medios de comunicación). Parte de este trabajo se dedica al análisis de las correlaciones e influencias de estos dos ámbitos, que no obstante han de distinguirse muy bien. Ya los clásicos distinguían lo que son las cosas y cómo parecen que son. Fue Berkeley quien propuso el *esse est percipi*, de modo que para diversos planteamientos empiristas la percepción es lo que cuenta (ser es "ser percibido")¹. Esto ha sido fuente de un buen número de problemas posteriores. Si bien concebimos que una cosa es la investigación sobre enfermedades neurodegenerativas con sus contextos epistemológicos y metodológicos y otra su percepción pública, consideramos importante tener en cuenta ambas esferas. Pues en numerosas ocasiones son los factores sociales los que determinan que se financien unas líneas de investigación determinadas y no otras, así como la percepción pública de estos avances. En 1968, el sociólogo Robert K. Merton individualizó en la comunidad científica una dinámica acumulativa de asignación de recursos, tales como financiaciones, premios, reconocimiento, y la posibilidad de publicaciones en revistas de prestigio. La llamó "Efecto San Mateo", del pasaje evangélico con el mismo nombre que dice: "Porque a todo el que tiene, se le dará y le sobraré; pero al que no tiene, aun lo que tiene se le quitará" (Mateo, 25, 29). De este modo, aquellos que ya están en posiciones de visibilidad y prestigio tendrán acceso privilegiado a otros recursos y posiciones de visibilidad, y así sucesivamente. Merton consideró este efecto como disfuncional para las carreras de los científicos individuales, que son penalizados en las primeras etapas de su actividad, pero funcional para el sistema en su conjunto, ya que permite hacer una selección entre la enorme masa de trabajos publicados y enviados a revistas para su publicación².

Se pretende analizar la investigación en enfermedades neurodegenerativas partiendo de una concepción en el avance de la Ciencia en la que los factores sociales desempeñan un papel relevante. Si bien se concibe que el conocimiento científico avanza por cambios más conceptuales que sociales, tal y como sostiene Thagard³, se considera que los medios de comunicación pueden influir también en el avance de las investigaciones. El estudio del Alzheimer, el Parkinson o la Corea de Huntington ha experimentado una serie de cambios epistemológicos y en la metodología de la investigación a partir de los avances con células troncales, que han

1. BERKELEY, G., *A treatise concerning the principles of human knowledge*, Hackett Publishing Company, Indianápolis, 1979.

2. BUCCHI, M., *Scienisti e antiscienisti. Perché scienza e società non si capiscono*, Il Mulino, Bolonia, 2010.

3. Cfr. THAGARD, P., *Conceptual revolutions*, Princeton University Press, New Jersey, 1992.

supuesto la introducción de nuevos paradigmas de estudio, hecho del que la prensa se ha hecho eco ampliamente. Partiendo de esta premisa inicial, se pretende analizar la posible correlación entre la evolución epistemológica y metodológica de las investigaciones en enfermedades neurodegenerativas con su presencia creciente en la prensa española a raíz de la divulgación de los estudios sobre células troncales a través de canales no especializados, como los diarios generalistas *El País* y *ABC*. Para ello, se cotejan datos del micromedio científico, representado en las bases de datos Pubmed e ISI Web of Science, realizando búsquedas con “palabras clave”, con los obtenidos de los archivos web de los diarios *ABC* y *El País* en la década 1996-2006 y se analizan sus posibles correlaciones con el propósito de distinguir las etapas que es posible vislumbrar en los dos terrenos, tanto en la Ciencia, como en los medios de comunicación, aportando algún dato de hitos importantes en la década en el que las dos esferas, Ciencia y medios, pueden converger o divergir.

Como ya se mencionó anteriormente, el hallazgo de que la forma de degenerar el tejido nervioso en las enfermedades que, posteriormente, pasaron a engrosar el común denominador de neurodegenerativas, era distinta a la habitual muerte con componente inflamatorio y se parecía más al proceso de muerte celular programada, despertó el interés por la ‘apoptosis’ en relación con estas enfermedades.

Se atribuyen a John Kerr en los inicios de los años 1970 los primeros estudios sobre la apoptosis en relación con los procesos tumorales⁴. Posteriormente esta nueva forma de muerte celular está caracterizada porque, tras la condensación celular, de ellas brotan pequeños cuerpos que contienen organelas intactas y que son fagocitados por otras células residentes en el propio tejido. Este proceso se describió que ocurría espontáneamente en diversos tumores malignos⁵ y que podía ser estimulado por la radioterapia e incluso regulado por hormonas en tejido sano⁶. Con el tiempo, se atribuyó a este fenómeno una función general homeostática.

4. Cfr. WYLLIE, A. H., KERR, J. F., y CURRIE, A. R., “Cell death: the significance of apoptosis”, *International Review of Cytology*, v. 68, (1980), pp. 251-306; KERR, J. F., “History of the events leading to the formulation of the apoptosis concept”, *Toxicology*, v. 181-182, (2002), pp. 471-474.

5. Cfr. SEARLE, J., COLLINS, D. J., HARMON, B. y KERR, J. F., “The spontaneous occurrence of apoptosis in squamous carcinomas of the uterine cervix”, *Journal of Pathology*, 5, (1973), pp. 163-169.

6. Cfr. KERR, J. F. y SEARLE, J., “Deletion of cells by apoptosis during castration-induced involution of the rat prostate. Virchows Arch B”, *Cell Pathology*, v. 13, (1973), pp. 87-102; WYLLIE, A. H., KERR, J. F. y CURRIE, A. R., “Cell death in the normal neonatal rat adrenal cortex”, *Journal of Pathology*, v. 111, (1973), pp. 255-261; WYLLIE, A. H., KERR, J. F., MACASKILL, I. A. y CURRIE, A. R., “Adrenocortical cell deletion: the role of ACTH”, *Journal of Pathology*, v. 111 (1973), pp. 85-94.

Hubo que esperar hasta los inicios de la década de los 90 para que se publicara el primer artículo en el que se demostraba el fenómeno apoptótico como un nuevo mecanismo de muerte neuronal y se proponía como posible explicación en las enfermedades neurodegenerativas⁷. Prácticamente casi toda la década de los noventa se dedicó a esclarecer los mecanismos que intervenían en la inducción de apoptosis para intentar prevenir que este programa de muerte celular se activase en las neuronas. A cuenta de estos hallazgos el paradigma al que se llega plantea la neuroprotección como la reducción, inhibición o retraso en la aparición de la apoptosis neuronal. En otros términos, la insustituible neurona, cuyo número quedaba determinado en los primeros años de vida, debía ser preservada a toda costa pues su pérdida era irreparable. Esto sigue siendo así en algunas divisiones del tejido nervioso como la retina, donde la pérdida de fotorreceptores conduce a la irreversible pérdida de la visión, y, por tanto, el interés por el estudio de sus mecanismos de muerte en las diversas formas de degeneración retiniana sigue siendo muy actual⁸. Un ejemplo muy práctico de este tipo de cambios conceptuales se puede observar en la evolución de los planteamientos de la práctica odontológica de hace dos décadas, donde la conservación y restauración de las piezas era el objeto permanente de la praxis, a la situación actual. Hoy en día, se tiende de forma inmediata a las extracciones de piezas dentarias como mecanismo para la preservación del tejido óseo subyacente sobre el cual, de esta manera preservado, poder colocar ‘implantes’: la incipiente subespecialidad de la Implantología.

El concepto de regeneración tisular en el organismo humano adulto que se estudiaba en las facultades de Medicina en la década de los 70 y principios de los 80 incluía exclusivamente a la médula ósea, las gónadas, el hígado y los epitelios. Se aceptaba que en ciertas especies de aves⁹, así como en algunos roedores¹⁰, la neurogénesis se mantenía hasta la edad adulta, pero más como un proceso más lento de maduración, que como la efectiva capacidad

7. DIPASCUALE, B., MARINI, A. M. y YOULE, R. J., “Apoptosis and DNA degradation induced by 1-methyl-4-phenylpyridinium in neurons”, *Biochemical Biophysical Research Communications*, v. 181, (1991), pp.1442-1448.

8. SANCHO-PELLUZ, J., ARANGO-GONZÁLEZ, B., KUSTERMANN, S., ROMERO, F. J., VAN VEEN, T., ZRENNER, E., EKSTRÖM, P. y PAQUET-DURAND, F., “Photoreceptor cell death mechanisms in inherited retinal degeneration”, *Molecular Neurobiology*, v. 38, (2008), pp. 253-269.

9. ÁLVAREZ-BUYLLA, A. y NOTTEBOHM, F., “Migration of young neurons in adult avian brain”, *Nature*, v. 335, (1988), pp. 353-354.

10. MADEIRA, M. D., CADETE-LEITE, A., ANDRADE, J. P. y PAULA-BARBOSA, M. M., “Effects of hypothyroidism upon the granular layer of the dentate gyrus in male and female adult rats: a morphometric study”, *Journal of Comparative Neurology*, v. 314, (1991), pp. 171-186.

de regeneración del tejido nervioso, pero no en el ser humano.

Hoy se estima que el cerebro puede llegar a producir hasta diez mil nuevas neuronas cada día en el individuo adulto, y todas ellas a partir de “células madre” alojadas en el cerebro, descritas brillantemente por el investigador valenciano García-Verdugo en colaboración con Álvarez-Buylla en 1999¹¹.

Además de este concepto, todavía habría de romperse otro ‘dogma’ clásico al poco tiempo de este descubrimiento, que, dicho sea de paso, también tuvo lugar para otros tejidos como el músculo, el músculo cardíaco o el tejido graso, que era que las células troncales sólo podrían contribuir a la regeneración del linaje, tejido u órgano en el cual están alojadas y para el que han sido programadas. Al mejorar tecnológicamente, también se pudo comprobar que las “células madre” obtenidas de médula ósea adulta pueden ser utilizadas para la reparación de daños inducidos en corazón, músculo, cerebro, hígado, etc. Al mismo tiempo que se ha demostrado que líneas celulares “madre” derivadas del sistema nervioso central y células troncales de músculo pueden contribuir a la regeneración del sistema linfohematopoyético. Estas contundentes pruebas enmarcan un nuevo concepto que se conoció inicialmente como transdiferenciación, para englobarse posteriormente en el término más amplio de la ‘plasticidad’ de la “célula madre”, y que se concreta en el hecho de que una célula troncal posee la capacidad intrínseca de ejecutar una gran variedad de programas genéticos de desarrollo, y las decisiones sobre cuál llevar a cabo vienen determinadas por el entorno del tejido en el que se encuentran (factores secretados, contactos con otros elementos celulares, etc.)¹².

La búsqueda ‘panacea universal’ en este contexto y que todavía no se ha alcanzado, ciertamente es el averiguar cuáles son los factores reguladores de la proliferación de estas células para poder inducirla en su justa medida y corregir el defecto en cada caso. Pese a lo aparentemente inalcanzable de este planteamiento, muchos son los avances que se están consiguiendo en el campo de la terapia celular somática en todos los ámbitos, incluido el sistema nervioso central, aunque no a la velocidad que muchos desearían¹³.

11. DOETSCH, F., CAILLÉ, I., LIM, D. A., GARCÍA-VERDUGO, J. M. y ÁLVAREZ-BUYLLA, A., “Subventricular zone astrocytes are neural stem cells in the adult mammalian brain”, *Cell*, v. 97, (1999), pp. 703-716; DOETSCH, F., GARCÍA-VERDUGO, J. M. y ÁLVAREZ-BUYLLA, A., “Regeneration of a germinal layer in the adult mammalian brain”, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, v. 96, (1999), pp. 11619-11624.

12. BERNARD, A., GONZÁLEZ, M. A., y MARTÍNEZ, A. C., “Células madre: promesas y realidades”, en RODES, J. (ed), *Transplante de órganos y células. Dimensiones éticas regulatorias*, Fundación BBVA, Bilbao, 2006, pp. 243-253.

13. Cfr. Una excelente revisión de lo publicado en este ámbito

La percepción del avance de la Ciencia bascula entre dos polos. Por una parte, el rastro del cientificismo hace que se considere la Ciencia como “una fuente imparcial de autoridad y, en consecuencia, una base adecuada para encontrar soluciones justas a los asuntos públicos controvertidos”¹⁴ y, por otro, la escasa conexión con el público, como advierte Fernández del Moral que afirma que la Ciencia y la Tecnología han corrido un desarrollo parejo sin que se haya podido establecer un nexo capaz de vincular a la sociedad con el desarrollo científico¹⁵.

Desde que se produce en el campo de la Filosofía de la Ciencia lo que González¹⁶ denomina “giro histórico” en la década de los sesenta del siglo xx con la influencia de las corrientes de pensamiento posmodernas, se consolida la idea de que la actividad científica está sometida a modificaciones históricas y posee una índole social. La cuestión que late de fondo es si los científicos, a la hora de avanzar en sus investigaciones o tomar decisiones, deberían considerar valores epistémicos o no. Hay tres posiciones básicas: los que consideran que sólo deben usar valores epistémicos para las decisiones y, en la medida que incorporan valores no epistémicos en su toma de decisiones, son irracionales; los que consideran que deben usar valores epistémicos donde sea posible, pero, para algunas decisiones importantes, éstos no son suficientes, de modo que deben entonces contar con consideraciones no epistémicas y hacer uso de ellas. Y, por último, los que consideran que los valores epistémicos son de índole netamente social, y cada valor tiene algún contenido epistémico o cognitivo.

Para Kuhn¹⁷, la distinción epistémico/no epistémico no es viable. La racionalidad no puede abarcarse por algoritmos o algún sofisticado procedimiento de decisión estadística que sea usado para definir la racionalidad de la elección y sea asumido para su uso universal. El elemento humano está presente en la actividad investigadora, porque la Ciencia es una actividad humana y consiste en buscar conocimiento sobre el que basar las decisiones, un conocimiento que es humano¹⁸.

con prólogo del Premio Nobel de Medicina y Fisiología Dr. Edgard Donnal Thomas: GARCÍA OLMO, D., GARCÍA-VERDUGO, J. M., ALEMANY, J. y GUTIÉRREZ-FUENTES, J. A. (eds), *Cell Therapy*, McGrawHill-Interamericana, Madrid, 2008.

14. NELKIN, D., *La ciencia en el escaparate*, Fundesco, Madrid, 1990, p. 76.

15. FERNÁNDEZ DEL MORAL, J., “Prefacio”, en NELKIN, D., *La ciencia en el escaparate*, Fundesco, Madrid, 1990, p. 9.

16. Cfr. GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Análisis de Thomas Kuhn: Las revoluciones científicas*, Trotta, Madrid, 2004; GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Science, Technology and Society: A Philosophical Perspective*, Netbiblo, A Coruña, 2005.

17. Cfr. KUHN, TH., *La estructura de las revoluciones científicas*, 19ª impresión, Fondo de Cultura Económica, D. L, Madrid, 2000.

18. Cfr. GONZÁLEZ, W. J. (ed), Op. cit.

Ello conduce a un importante giro metodológico: el método científico no puede ser un mero proceso racional basado en una lógica impersonal y ahistórica de la investigación; sino que existen una serie de factores sociales, culturales, económicos, etc. que influyen en el desarrollo de la investigación científica. Ésta no se concibe más como una actividad aislada en los laboratorios o sociedades de investigación; sino que implica un complejo sistema ciencia-tecnología con un entramado de relaciones entre sujetos de diversa índole. Hecho que tiene reflejo en los procesos de comunicación, de modo que el periodismo científico no sólo informa sobre los investigadores. Tan objeto de noticia es el científico como la Administración, las empresas, los gestores de la política científica y los gestores de la política general; es decir, “el objeto de información es el *sistema Ciencia-Tecnología*”¹⁹.

Thomas Kuhn fue el primero que contribuyó a romper con la imagen lineal del proceso científico de la tradición metodológica recibida de los verificacionistas. Hay una variable de conocimiento congénito que va avanzando a merced de los cambios en el entorno histórico: dependen de la sucesiva elección de paradigmas que son inconmensurables en las revoluciones científicas²⁰.

Junto a él, hay una serie de autores que, desde la década de 1960, propician un giro histórico en la Filosofía y la Metodología de la Ciencia, de manera que el desarrollo científico comporta modificaciones estructurales, cambios a través del tiempo que inciden en su realidad, lo que rebasa el plano temporal. De este modo: “El método científico no es un asunto de la lógica como sucedía en el caso del Neopositivismo, ni está tampoco en consonancia con una racionalidad instantánea que propugnaba Popper. El nuevo enfoque se apoya en que la Ciencia avanza mediante una *racionalidad procesual* de carácter histórico. Así, no cabe el progreso lineal y acumulativo de los neopositivistas, ni es posible tampoco que las falsaciones se comporten de manera automática como refutación”²¹.

Tanto Kuhn como Lakatos conciben la Ciencia como una actividad social, porque es resultado de un quehacer social en el tiempo, y no un producto impersonal o abstracto, y consideran a los referentes reales desde la teoría, de manera que el marco teórico, el paradigma o el programa de investigación, sirve de foco para iluminar referencias²².

19. GRAINO, S., “Madurez del periodismo científico”, en CSIC (eds), *I Congreso Nacional de Periodismo Científico*, Editores, Madrid, 1990, p. 157.

20. GONZÁLEZ, W. J. (ed), Op. cit.

21. *Ibid.*, pp. 33-34.

22. Cfr. LAKATOS, I., *La metodología de los programas de investigación científica*, 2ª ed, Alianza, Madrid, 1989.

Fruto de este giro histórico, que tiene su punto culminante en la obra de Kuhn *La estructura de las revoluciones científicas*, hay una serie de enfoques posteriores importantes que mantienen posturas donde los criterios externos sociales, culturales, políticos o económicos tienen más peso que los internos como el lenguaje, la estructura o el conocimiento.

Son rutas no previstas por Kuhn: rebasan los campos de la Historia de la Ciencia y de la Filosofía y la Metodología de la Ciencia, que fueron los ámbitos cultivados a lo largo de su trayectoria intelectual, y se adentran en el territorio de la Sociología de la Ciencia o se mueven en el espacio de la Antropología Social. Sus trabajos forman parte de los Estudios sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad y entroncan con los movimientos de *Public Understanding of Science* o *Comprensión pública de la Ciencia*²³. La clave pues está en la dimensión social de la Ciencia que Kuhn admite sin reservas como factor constituyente de la actividad científica: “La sociedad hoy está inundada de tecnologías y de conocimientos y creencias derivadas de la Ciencia. En las culturas modernas, los ciudadanos cada vez más reflexionan sobre sí mismos y sobre sus propias vidas a través de las lentes de la Ciencia”²⁴.

La Sociología de la Ciencia se configura, por tanto, sobre dos aspectos: la sociología de la comunidad científica en sí, es decir, la de la Ciencia pura y otras formas de investigación y la sociología de las relaciones de esa comunidad con el resto de la sociedad²⁵.

De este modo, el crecimiento de la importancia social, política y económica de los científicos —más notable en la segunda mitad del siglo XX—, y la asunción de objetividad e imparcialidad desaparecieron, y esto tuvo lugar no sólo en las empresas, sino también entre los científicos. Como la Ciencia ha crecido como profesión, los investigadores quieren mejores becas, mejores equipos, etc. Quieren que los políticos y legisladores los tomen más en serio. Y la Ciencia no puede separarse de otras creencias culturales: “El conocimiento científico se basa en la observación, pero en rigor no puede justificarse solamente por la observación. Al parecer, por eso la Ciencia no puede separarse de otras creencias culturales que también disfrutan de base observacional”²⁶.

23. Cfr. MILLER, S. y GREGORY, J., *Science in public. Communication, culture and Credibility*, Plenum Trade, Londres, 1998.

24. “Society today is suffused with technologies and with insights and beliefs derived from science. Increasingly in modern cultures, citizens think about themselves and their own lives through the lenses of science”, YEARLEY, S., *Making Sense of Science. Understanding the Social Study of Science*, Sage publications, Londres, 2005, p. VII.

25. Cfr. *Ibid.*

26. “Scientific knowledge is based on observation but it cannot be exhaustively justified by observation alone. Apparently, therefore, science cannot be definitively separated from other cultural beliefs

Sin embargo, para autores como Thagard o González, las revoluciones científicas tienen mayor peso de factores conceptuales que sociales: “Así *Conceptual Revolutions* ofrece una perspectiva interna de las revoluciones científicas: presenta una alternativa al intento kuhniano de armonizar las dos facetas — la interna y la externa—, aun cuando finalmente se decante más por la primera”²⁷.

Thagard propone que un cambio conceptual es revolucionario si incluye el reemplazo de todo un conjunto de conceptos y reglas por uno nuevo. Las revoluciones conceptuales de Thagard difieren de las científicas de Kuhn. Defiende la teoría de la coherencia explicativa que critica los impedimentos a la racionalidad en la Ciencia y reafirma la comparabilidad de las teorías frente a la inconmensurabilidad kuhniana. Acepta pues elementos objetivos en la interpretación de las revoluciones.

El propio Thagard en su libro *Conceptual Revolutions* afirma que el objetivo de su obra implica la omisión de la discusión del contexto social del cambio científico y que primaran los cambios conceptuales, aunque no niega la importancia de los factores sociales en el desarrollo del conocimiento científico: “se pasa por alto el debate acerca del contexto *social* del cambio científico. En ningún momento niego que los factores sociales sean importantes en el desarrollo del conocimiento científico, la relación entre ellos y los factores cognitivos (...) También paso por alto el debate acerca de las revoluciones conceptuales no científicas”²⁸.

Para Thagard, incluso si los científicos se mueven por intereses personales como el éxito o la fama, han de presentar investigaciones al resto de la comunidad científica en términos de sus méritos teóricos y experimentales. Reconoce la existencia de factores sociales en el avance de la Ciencia, pero concede más peso al cambio conceptual: “Mi enfoque cognitivo sobre el cambio conceptual y la aceptación de teorías no pretende, por supuesto, ser toda la verdad acerca del desarrollo científico, pero muestra que el enfoque estrictamente sociológico tampoco lo sería. No afirmo, desde luego, que la Sociología de la Ciencia se reduzca a la Psicología de la Ciencia; la explicación puede proceder de manera fructífera a los dos niveles”²⁹.

which also boast an observational basis”, *Ibíd.*, p. 4.

27. GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Op. cit.*, p. 71.

28. “Omitted is discussion of the social context of scientific change. I do not for a moment deny that social factors are important in the development of scientific knowledge; the relation between them and cognitive factors (...) I also omit discussion of nonscientific conceptual revolutions”, THAGARD, P., *Op. cit.*, p. 10.

29. “My cognitive account of conceptual change and theory acceptance is obviously not intended to be the whole story of scientific development, but it shows that a purely sociological story would never do either. I am certainly not claiming that

Por tanto, tres elementos lo distancian de Kuhn: la conversión psicosociológica, la primacía de la explicación sociológica respecto del cambio conceptual y el énfasis del lenguaje para la comprensión de las revoluciones científicas a tenor de la traducibilidad. Rechaza así la concepción puramente subjetiva del cambio conceptual.

Para Thagard la teoría previa y la nueva teoría siempre comparten el elemento de racionalidad, incluso cuando el cambio científico sea radical; las modificaciones pueden incluir ciertos aspectos de *continuidad* conceptual y de solapamiento con el nuevo enfoque y, por tanto, hay fundamentos objetivos que permiten una comparación entre ellas. Así, el crecimiento de las teorías científicas es una *actividad coherente*. Por el contrario, la consecuencia que se sigue de las propuestas de Kuhn, en especial de la etapa inicial, es poner a la Metodología de la Ciencia en una situación precaria más como un fenómeno modulado por los vaivenes psicosociológicos, como sucede en la elección entre paradigmas incompatibles, que como una actividad coherente.

Es necesario insistir en que las revoluciones científicas son, en gran medida, conceptuales y ello es compatible con reconocer que van acompañadas por cambios profundos en el tipo de prácticas que se realizan. La Ciencia no tiene meramente una dimensión teórica, también hay factores sociales. Así, después de un cambio revolucionario, se siguen prácticas de laboratorio y experimentales distintas. Algo que se verá en el caso de los cambios que se producen en la investigación sobre las enfermedades neurodegenerativas en el que los paradigmas de estudio se superponen.

Una revolución científica supone innovación conceptual que ha de adecuarse a los procesos reales, y comporta un cambio estructural en una disciplina. Pero la clave ha de estar en el propio carácter autocorrector de la Ciencia más que en el entorno social donde se desarrolla esta actividad científica. De este modo, el cambio conceptual incide en la nueva propuesta estructural de un campo científico³⁰.

En este contexto, hay determinados aspectos clave:

- La extensión del conocimiento/ignorancia pública de la Ciencia y Tecnología.
- Maneras más efectivas de comunicarse con el público sobre asuntos científicos y tecnológicos.

the sociology of science reduces to the psychology of science; explanation can fruitfully proceed at both levels”, *Ibíd.*, p. 113.

30. Cfr. GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Op. cit.*

- Los modos en los que los miembros del público pensaban sobre Ciencia y Tecnología tenían más apoyo.
- La Medicina ha sido la Ciencia estrella en este siglo y normalmente las actitudes hacia ella han sido más favorables.
- Parece que el conocimiento no es la clave para la aceptación de la Ciencia y la Tecnología. Los ciudadanos que saben pueden convertirse en consumidores que discriminan a los expertos científicos.
- Hay que señalar que existe una notable diferencia entre aquellos aspectos que la gente simplemente no sabe sobre la Ciencia y aquellos que elige, con cualquier prejuicio o buena razón, y niega. Particularmente en la Ecología y en los terrenos de la salud, los miembros del público pueden argumentar, por ejemplo, que el consejo científico ha sido erróneo en el pasado sobre la seguridad de los pesticidas, lo dañino de los CFC, etc.³¹.

Se considera de especial importancia el papel que desempeñan los medios de comunicación en este entramado Ciencia-Tecnología, puesto que el periodista es, con frecuencia, el único contacto que el público tiene con el mundo de la investigación y los laboratorios tras los años de formación escolar. Aproximadamente, el 90% de la información científica y técnica llega a los ciudadanos por los medios de comunicación, según una investigación desarrollada por The Royal Institution of Great Britain's Science Media Center, 2002³². Por este motivo, el periodismo aumenta la habilidad de las audiencias para evaluar las políticas científicas o tomar elecciones racionales; pero también puede guiar de forma errónea al público que está a merced de las opiniones de los expertos en estas materias seleccionadas y/o interpretadas por los medios de comunicación³³. Ideas que, en los sistemas democráticos, se traducen en políticas y, por tanto, incidirían en las líneas de financiación de determinadas investigaciones e influirían en la metodología científica que aplicar.

31. Cfr. YEARLEY, S., Op. cit.

32. Cfr. MORENO, C., "La información científico-técnica", en FERNÁNDEZ DEL MORAL, J. (ed), *Periodismo Especializado*, Ariel Comunicación, Madrid, pp. 239-261.

33. Cfr. GAMSON, W. A. y MODIGLIANI, A., "Media discourse and public opinion on nuclear power: A constructionist approach", *American Journal of Sociology*, v. 95, n. 1, (1989), pp. 1-37; NELKIN, D., *Selling science. How the press covers science and technology*, Freeman and company, New York, 1995.

Además, la comunicación de la Ciencia en los medios de comunicación generalistas influye en el impacto de las publicaciones científicas, tal y como demuestran Phillips, Kanter, Bednarzyck y Tastad³⁴ en un estudio en el que comparan el número de referencias en el *Science Citation Index* con artículos en el *New England Journal of Medicine* que fueron cubiertos por el *The New York Times* con un número similar de artículos científicos no tratados en el diario. Además, elaboran una comparación durante un período de tres meses mientras el cual el *Times* estuvo en huelga, pero continuó para preparar una edición que no se distribuyó.

Los artículos del *Journal* que aparecieron por *The New York Times* recibieron un número desproporcionado de citas cada uno de los diez años tras su aparición en el periódico. El efecto fue más fuerte el primer año tras la publicación en el que registraron un 72,8 por ciento más de citas científicas que los artículos que sirvieron de control. Tal efecto estuvo presente en artículos publicados durante la huelga; los artículos del diario durante este período no fueron más citados que los demás. Así demuestran que la cobertura de la investigación médica en la prensa generalista amplifica la transmisión de información médica de la literatura científica dentro de la comunidad de investigadores. "Nuestras pruebas sugieren que las publicaciones no especializadas pueden servir como uno de estos mecanismos de filtro, incluso para los científicos. Este efecto parece persistir durante al menos los diez años posteriores a que aparezca un artículo en una publicación científica. No es seguro si otros medios generalistas (por ejemplo, las revistas o los telediarios e informativos radiofónicos) funcionan también como filtros de información derivados de la investigación médica, y si el uso de estos filtros no especializados provoca en algunos científicos que enfatizan en exceso ciertos textos médicos y resten importancia a otros"³⁵.

Resultados coherentes con la *Publicity hypothesis* o hipótesis de la Publicidad que formula Phillips, obtiene más adelante Kiernan que constata que las investigaciones que aparecen en periódicos norteamericanos como *The New York Times*, tienen

34. Cfr. PHILLIPS, D. P., KANTER, E. J., BEDNARDZYCK, B. A. y TASTAD, P. L., "Importance of the lay press in the transmission of Medical knowledge to the scientific community", *New England Journal of Medicine*, v. 325, (1991), pp. 1180-1183.

35. "Our evidence suggests that a lay publication may serve as one of these filtering mechanisms, even for scientists. This effect seems to persist for at least 10 years after a Journal article appears. It is not certain whether other lay media (e.g. newsmagazine and broadcast news programs) also function as filters of information derived from medical research, and whether the use of such lay filters prompts some scientists to overemphasize certain medical articles and deemphasize others", PHILLIPS, D. P., KANTER, E. J., BEDNARDZYCK, B. A. y TASTAD, P. L., Op. cit, p. 1183.

después mayor índice de citación entre el colectivo científico. “La cobertura de noticias de última hora de veinticuatro periódicos diarios acerca de artículos del *Journal of the American Medical Association*, *Nature* y *Science* se relacionaban con citas más frecuentes”³⁶. Los 563 artículos que aparecían en al menos un periódico o una cadena de televisión recibieron una media de 116,46 citas en comparación con los 2.092 artículos que no recibieron cobertura mediática y fueron citados una media de 90,52 veces.

Partiendo de esta concepción del avance de la Ciencia influida por factores sociales, el presente estudio plantea abordar los problemas epistemológicos y metodológicos en la investigación sobre enfermedades neurodegenerativas con una metodología mixta. Por un lado, mediante una aproximación puramente descriptiva de los principales avances que, tanto desde el punto de vista de la Ciencia básica como aplicada se han ido desarrollando en la década escogida: 1996-2006. Se ha elegido este período porque encierra un hito que se considera fundamental en las metodologías de estudio de las enfermedades neurodegenerativas y es el descubrimiento de la neurogénesis y el consiguiente salto a la opinión pública de las células troncales o células “madre” nerviosas, especialmente notable a partir de 2001, tanto en Estados Unidos³⁷ como en España. A partir de esta fecha, el Congreso norteamericano y el español comienzan a debatir sobre la financiación pública de investigación con células troncales procedentes de embriones que se presentan como una esperanza de curación para las enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer o el Parkinson.

Para representar el micro medio científico se ha utilizado las bases de datos Pubmed e ISI Web of Science y se han efectuado, en la década 1996-2006, búsquedas con palabras clave. En el caso de Pubmed, se han incluido en el texto “neurodegenerative” a secas, y “neurodegenerative”, “Alzheimer” y “Parkinson” todas ellas con la expresión “stem cell”; así como “neurodegenerative” especificando “neural stem cell” y “embryonic stem cell”. En ISI Web of Science, las búsquedas se han efectuado con las palabras clave “embryonic stem cell*”, “adult* stem cell*”, “hematopoietic stem cell*”, y “umbilical cord stem cell*” en “English Language” y “Title/Topic” que siguen indicaciones de estudios anteriores³⁸.

36. “Breaking news coverage by twenty-four daily newspaper of articles from the *Journal of the American Medical Association*, *Nature*, and *Science* was associated with more frequent citations”. Cfr. KIERNAN, V., “Diffusion of news about research”, *Science Communication*, v. 25, n. 1 (2003), pp. 3-13.

37. Cfr. NISBET, M. C., BROSSARD, D. y KROEPSCH, A., “Framing Science: The stem cell controversy in the age of press/politics”, *Harvard International Journal of Press/Politics*, v. 8, n. 2, (2003), pp. 36-70.

38. Cfr. *Ibid.*

Como instrumento para aproximarse a los factores sociales que han podido influir en el desarrollo metodológico y epistemológico de las investigaciones con enfermedades neurodegenerativas se ha tomado el campo de los medios de comunicación y el tratamiento que han hecho de las enfermedades neurodegenerativas en la prensa española. Para ello, se han desarrollado varias búsquedas hemerográficas utilizando los recursos web de los diarios *El País* y *ABC*. Se han tomado estas dos cabeceras porque representan los dos extremos del espectro ideológico durante la década 1996-2006. Se han realizado búsquedas de las enfermedades neurodegenerativas más frecuentes en los medios de comunicación tipificadas como tal por el Ministerio de Sanidad y Consumo³⁹ utilizando como términos clave los nombres de las dolencias entrecomilladas “Parkinson”, “Alzheimer”, “Esclerosis Lateral Amiotrófica” y “Corea de Huntington” en el diario *El País* y con el operador booleano AND en *ABC* que produce el mismo efecto. Además, se han seleccionado los textos que versan sobre las “células madre” o “células troncales” de *ABC* y *El País* con el mismo procedimiento y se han separado aquellos que incluyen las enfermedades antes mencionadas. Se han eliminado las repeticiones, los pies de foto, sumarios y las cartas al director. En los archivos de texto, se han buscado “Alzheimer”, “Parkinson”, “Esclerosis lateral Amiotrófica”, “Corea de Huntington” dentro de los 2.481 textos que tratan sobre células troncales con la función edición/Buscar palabras del procesador de textos Word y se han eliminado duplicidades.

Las búsquedas se han efectuado con los términos “células madre” y “troncal”. En estas expresiones, la transformación lingüística se da sólo en español, y es que la voz “célula madre” es la que más ha trascendido en los medios de comunicación y la que más se emplea en la actualidad, incluso entre los investigadores. Sin embargo, procede de una mala traducción del vocablo inglés, que es *stem cell*. Teniendo en cuenta que el idioma anglosajón es el más utilizado en investigación, “célula madre” es una desviación. Así, López Guerrero⁴⁰ señala que sería más preciso hablar de células troncales y no de “células madre”. Y el doctor Juan Ramón Lacadena, director del Departamento de Genética de la Universidad Complutense de Madrid, precisa que *stem* significa “tronco”, pero nunca madre⁴¹. Otros científicos también hacen la misma precisión e indican que ya el término “célula

39. MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO, Enfermedades hereditarias y degenerativas del Sistema Nervioso central en <http://www.msc.es/estadEstudios/ecie9mc/webcie9mc/webcie9mc.htm> Consultado el 2 junio de 2008.

40. LÓPEZ GUERRERO, J. A., *Células madre: la madre de todas las células*, Hélice, Madrid, 2003, p. 14.

41. *Idem.*

madre" causa expectación por sí mismo, mucho más que célula troncal; de ahí su uso con mayor profusión en los medios: "La traducción del inglés hubiera sido precisa, exacta (...) 'células troncales', pues alguien coló 'células madre' o 'células madres'. Ambos términos gramaticalmente son horrendos, pero es imposible hablar en cualquier sitio sin decir 'células madre', porque si decimos 'células troncales' es posible que alguien apague el televisor. En cambio si alguien habla de 'células madre' el programa de televisión tendrá más audiencia, porque se entiende como algo interesante"⁴².

La Figura 1 es muy ilustrativa de los valores obtenidos por análisis de contenido en los textos periodísticos y en ISI Web of Science⁴³. La expresión "célula madre" se ha consolidado como la más

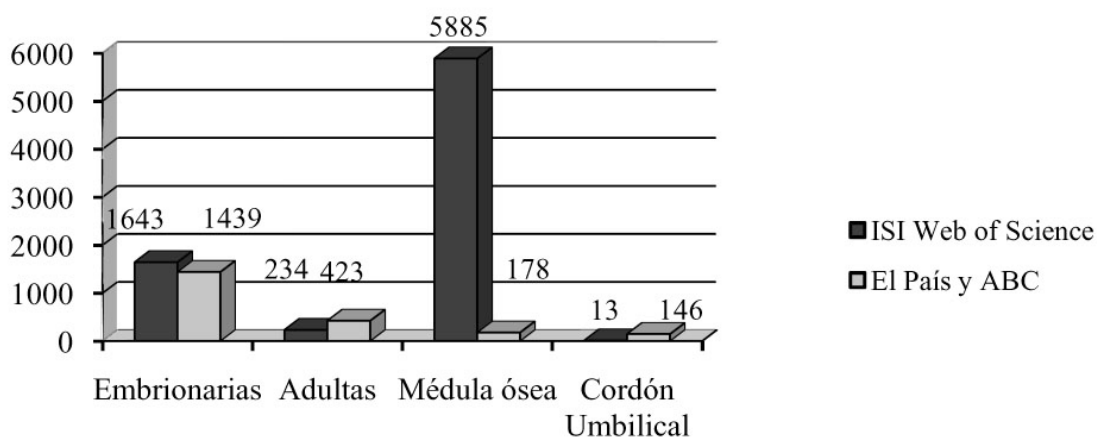
utilizada en más de un 60% de los textos periodísticos. Además, puede inferirse que la especificación "adultas" responde más a una etiqueta puesta por los medios que utilizada por los investigadores, puesto que las adultas en prensa son un 17% frente a un 2,88% en Ciencia. Los investigadores prefieren concretar más con la especificación de su procedencia, algo que se aprecia también en los datos sobre células "madre" hematopoyéticas o procedentes de médula ósea (7,2% prensa; 72,48% en Ciencia).

Si se tiene en cuenta una de las revoluciones conceptuales mencionadas, en concreto, la de la plasticidad de las células troncales adultas (su capacidad de regenerar tejidos distintos a aquellos que inicialmente las albergan), no es sorprendente el número de artículos científicos que se refieren a las células hematopoyéticas de médula ósea, por ser las de más fácil obtención, disponibilidad y manejo. Puesto que, en el común argot científico, cuando los investigadores hablan de células troncales hematopoyéticas, se entiende generalmente lo que en prensa se designa como "adultas".

42. Cfr. NOMBELA, C. (coord), *Retos de la sociedad biotecnológica. Ciencia y ética*, Fundación para el Análisis y los Estudios Sociales, Ávila, 2004.

43. RODRÍGUEZ LUQUE, C., "Research note: Tratamiento periodístico de las 'células madre' desde la perspectiva del Framing. *El País y ABC (1996-2006)*", *Doxa Comunicación*, v. 7, (2008), pp. 165-171; cfr. NISBET, M. C., BROSSARD, D. y KROEPSCH, A., Op. cit.

Figura 1. Tipos de células troncales en ISI Web of Science/El País y ABC (1996-2006)



Fuente: elaboración propia.

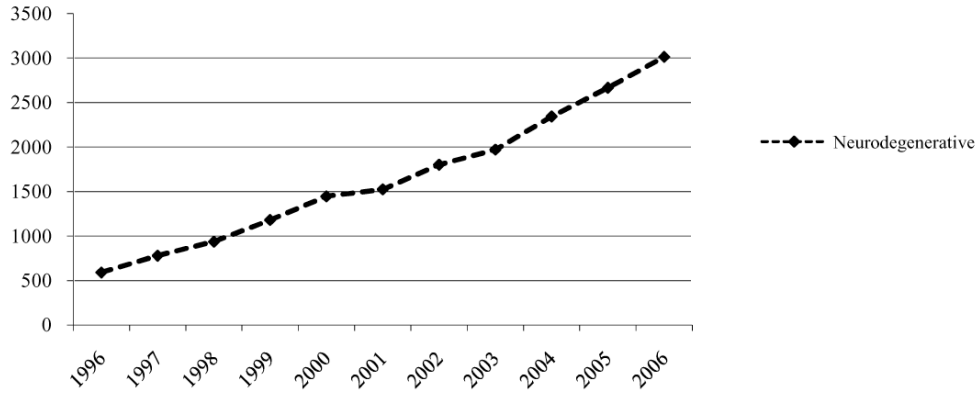
Otro dato que muestra también la divergencia entre el campo periodístico y por extensión social y el puramente científico son los resultados de las búsquedas realizadas en Pubmed (como ya se ha dicho una de las bases de datos de publicaciones científicas más utilizadas). Las publicaciones en las que aparece el término "neurodegenerative", ha experimentado un aumento importantísimo en la década estudiada (Fig. 2A). Si añadimos como criterio restrictivo en la búsqueda "stem cell" asociado a "neurodegenerative", el comportamiento temporal de la evolución es

similar a la figura general (Compárese Fig. 2B y 2A). Finalmente, si incluimos la presencia adicional en los campos de "neural stem cell" o "embryonic stem cell", se observa una clara diferencia a favor del primer grupo.

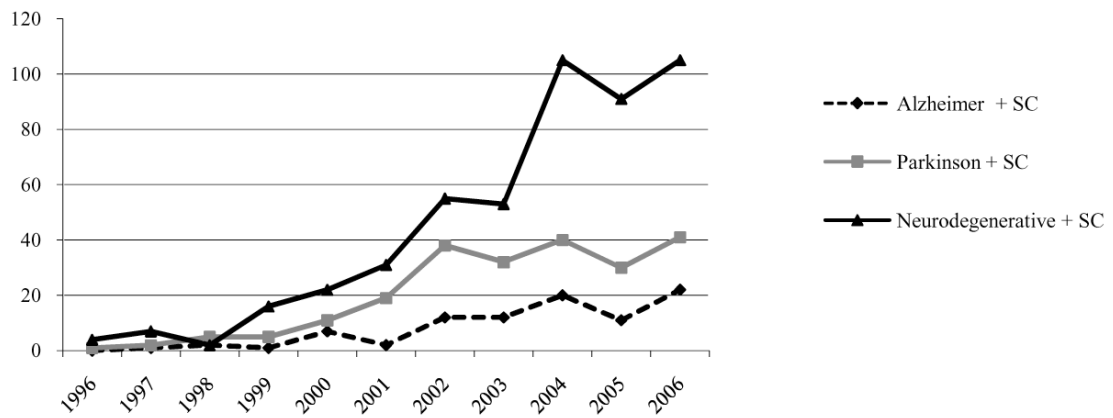
Es evidente que pueden aparecer sesgos y, por tanto, alguna publicación no pertinente en ambos grupos, pero indiscutiblemente el interés científico, representado por el número de publicaciones relacionadas con uno y otro término, está del lado de las células troncales neurales, i.e. adultas.

Figura 2. Las enfermedades neurodegenerativas en PubMed (1996-2006)

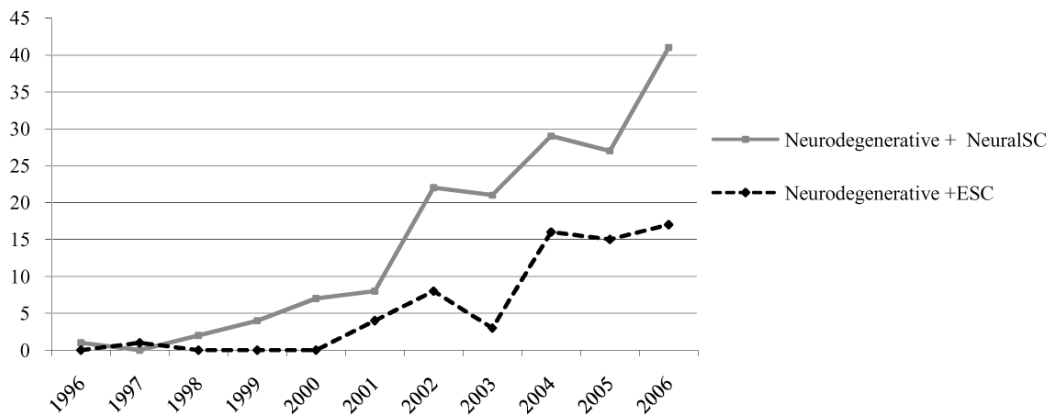
A



B



C



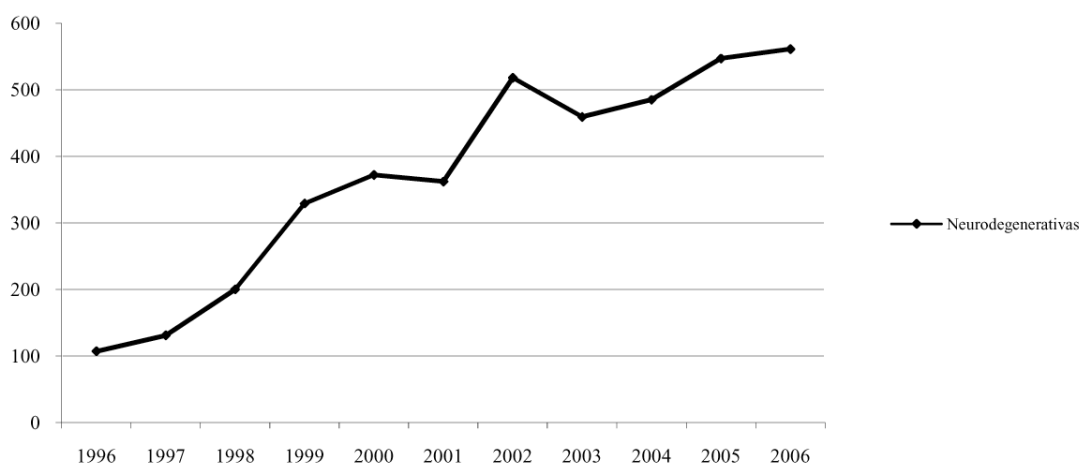
Fuente: elaboración propia.

La evolución histórica de los acontecimientos se puede seguir efectivamente en los medios, desde el momento en que surgen planteamientos sociopolíticos asociados a estos avances científicos. Por un lado, aparece el conflicto ético en el uso de las células “madre” embrionarias y, por otro, la necesidad

de informar de los avances en Neurociencia en relación con estas enfermedades tan prevalentes.

Tras la búsqueda en los archivos web de *El País* y *ABC* de las enfermedades neurodegenerativas, la distribución por años en toda la década la curva de cobertura queda distribuida del siguiente modo:

Figura 3. Enfermedades neurodegenerativas. El País y ABC (1996-2006)



Fuente: elaboración propia.

En líneas generales, puede observarse una tendencia creciente en la prensa del tema objeto de estudio. Si bien en un primer momento tan sólo se supera con escaso margen el centenar de textos, 107 en el año 1996; el número va creciendo hasta superar el medio millar en 2002. Como puede verse en la Figura 3, se registra un máximo significativo en 2002 que puede estar relacionado con la presencia notoria de las células troncales en la prensa, puesto que, en tal fecha, hay dos focos fundamentales de polémica: la discusión en el Parlamento europeo del VI Programa Marco de Investigación (con resultado de una moratoria especial dedicada a estas células para la evaluación de las implicaciones éticas de la investigación con embriones). El otro foco se centra en el Parlamento español donde también se discute la autorización de la investigación con “células madre” embrionarias⁴⁴.

Por enfermedades, las que alcanzan más eco en

las dos cabeceras son el Alzheimer con 1.052 textos en *El País* y 1022 en *ABC*, seguido del Parkinson que registra 898 textos en la cabecera de Prisa y algo menos en *ABC* con 608 textos. Mucha menos cobertura reciben la Esclerosis Lateral Amiotrófica y la Corea de Huntington que registran siempre cifras inferiores a la veintena de textos. La cobertura periodística de las enfermedades neurodegenerativas ha ido creciendo especialmente a partir de 1998-1999. Esta fecha coincide, como se explica anteriormente, con la introducción de un nuevo paradigma de estudio epistemológico y metodológico que convive con el anterior, el descubrimiento de la neurogénesis cerebral adulta en el humano que, además, ha hecho que la prensa se haga eco y relacione las células troncales, especialmente las embrionarias, con el posible tratamiento de enfermedades como el Parkinson y el Alzheimer.

Para vislumbrar esta relación, se seleccionan dentro del total de textos que se extraen de los archivos web de las dos cabeceras con los términos “células madre” y “células troncales”, aquellos que incluyen los términos correspondientes a las enfermedades que se estudian. En concreto, de 2.481 textos relacionados extraídos de *El País* y *ABC*, 402 relacionan estas células

44. Cfr. ADROVER, T., LUJÁN, J. L., REVUELTA, G. y DE SEMIR, D., *Célules mare: La petjada mediàtica. La comunicació social sobre les cèl·lules troncales a la premsa espanyola (1997-2004)*, Fundació Víctor Grífols i Lucas, Memoria del proyecto de investigación, Barcelona, Manuscrito no publicado. (s.f.).

con enfermedades neurodegenerativas. No es hasta 1998 cuando ambos temas aparecen juntos. De hecho, el crecimiento de la presencia del término “células madre” en los diarios analizados comienza a partir de 1999, tanto en la prensa española, como en la norteamericana⁴⁵. Esta es también la fecha en la que se descubre la presencia en el cerebro de regeneración celular, un hito científico que tiene una importancia

notable en el cambio metodológico de estudio de las enfermedades neurodegenerativas y del que la prensa española se hace eco, tal y como vemos en esta noticia de *El País*⁴⁶. Llama la atención que ya hace una década se definía el problema centrándolo en modo de regular (por un proceso químico o bioquímico) la activación/proliferación de las células. (Véase último párrafo de la noticia). Este problema permanece sin solución a fecha de hoy.

45. Cfr. *Ibid.*; NISBET, M. C., BROSSARD, D. y KROEPSCH, A., *Op. cit.*; JOHNSON, J. A., “Stem Cell Research”, *CRS Report for Congress*, August 10, 2001, Congressional Research Service, Washington, DC.

46. PRATS, J., “Un estudio localiza las células que dan lugar a las neuronas en adultos”, *El País*, 11 junio 1999.

Edición impresa | EL PAIS | Sociedad - 11-06-1999

Un estudio localiza las células que dan lugar a las neuronas en adultos

Científicos de la Universidad de Valencia participan en el trabajo

JAIME PRATS - Valencia. El nacimiento de neuronas en la edad adulta, un hecho descubierto hace meses, escondía una incógnita: la identificación de las células madre que las originan. Un equipo dirigido por Arturo Álvarez-Buylla de la Universidad de Rockefeller (Nueva York) y en el que participa la Universidad de Valencia ha indicado los lugares del cerebro donde nacen las neuronas y las células que las producen: los astrocitos.

El equipo señala que los astrocitos, muy abundantes en el cerebro, son responsables del origen de las neuronas. El hallazgo abre una nueva vía para el tratamiento de las enfermedades neurodegenerativas, según los autores del estudio, cuyos resultados se publican hoy en la revista *Cell*. Hace tres meses un grupo de investigadores estadounidenses dirigidos por Paul Gage dio el primero paso al descubrir el desarrollo de neuronas en personas adultas, pero sin incluir datos sobre el origen. Uno de los aspectos más sorprendentes del descubrimiento actual, a juicio de José Manuel García-Verdugo, coordinador del trabajo en la Universidad de Valencia, ha sido identificar como células madre a los astrocitos, células repartidas abundantemente en la corteza cerebral y la masa encefálica, a los que se atribuían simples funciones de mantenimiento de las neuronas y que se tenían por células totalmente diferenciadas y sin posibilidad de transformarse. Las únicas funciones que se les atribuían eran el control de las condiciones del medio para que las neuronas funcionaran correctamente y servir de puente entre los vasos sanguíneos -que transportan el oxígeno y el resto de nutrientes- y las neuronas.

El desarrollo de las células cerebrales, sin embargo, no se produce por todo el cerebro. El estudio, basado en pruebas realizadas en ratones, recoge que la aparición de neuronas se circunscribe a los ventrículos laterales (cavidades rellenas de líquido cefalorraquídeo que conectan el cerebro con la médula espinal). García-Verdugo apunta también hacia otro centro nervioso, el hipocampo (área que se relaciona con la memoria y el aprendizaje) que trabaja como vivero de neuronas; sin embargo en sus estudios las pruebas se limitan a los ventrículos. “Hemos encontrado las mismas células en las dos regiones”, señala para justificar el razonamiento. Los resultados de la investigación se han limitado a ratones, aunque sus conclusiones “son extrapolables a los seres humanos”, ya que tanto su proceso de neurogénesis, como su zona ventricular, el hipocampo y los tipos de neuronas son “prácticamente idénticos” a los humanos, dice García-Verdugo, quien explica que la razón de que la proliferación celular se limite a estos focos es que en el resto del cerebro las neuronas adultas inhiben la diferenciación y proliferación de astrocitos en células nerviosas. La nueva solución a los problemas de degeneración neuronal, como en las enfermedades de Alzheimer y Parkinson, sería activar astrocitos en las zonas cerebrales dañadas. Sin embargo falta un hallazgo clave: encontrar el proceso químico que activa las células madre.

Nisbet, Brossard y Kroepsch sostienen que el incremento de la atención de los medios coincide con el potencial del asunto para ser encuadrado o enfocado en términos dramáticos. En el caso de las células troncales, el punto álgido de cobertura se alcanzó cuando los acontecimientos podían encuadrarse en términos de estrategia “política/conflicto” y “ética/moralidad”⁴⁷. Sin embargo, en el caso español, se llega a la máxima cobertura entre 2002 y 2004, porque informativamente el tema es más fácil encuadrarlo en términos dramáticos de “estrategia política” y no de “ética/moralidad”. De hecho, el encuadre más frecuente de los textos de prensa es “estrategia política” en un 46,4% de los 2841 extraídos y la “ética/moralidad” representa sólo un 7,3%⁴⁸.

La fundamentación del tratamiento de las noticias relacionadas con el uso de “células madre” que los medios estudiados proporcionan se ve influida claramente por el contexto socio-político, en este caso de España. En nuestro país hay un debate en varias etapas y el tema primero se introduce en el ámbito nacional en 2001, pasa por una fase de discusión entre regiones entre 2002 y 2004; y se resuelve en una etapa de desarrollo legislativo que acaba autorizando la investigación con células troncales embrionarias y la clonación terapéutica⁴⁹.

A lo largo de todo este debate político, se polarizó la discusión mediática hacia las células troncales embrionarias en más de la mitad de los textos periodísticos que versan sobre “células madre” (58%, 1439 textos)⁵⁰, con menor atención a otros tipos como las adultas (17%) y procedentes de médula ósea (7,2%) que, sin embargo, están más presentes en el campo de la Ciencia donde las cantidades se invierten. (Ver Fig. 1).

Hay un predominio notable de las células troncales embrionarias sobre las demás que no pasa inadvertido para los lectores, tal y como escribe Enrique Costas en una carta al director publicada en el diario *El País* titulada “células madre” en la que cita a Daniel Callahan un bioético americano que también es consciente del silenciamiento de otras alternativas que produce la polémica autorización de investigar con embriones. “En ocasiones uno tiene la impresión de que si no se utilizan (en investigación) células madre embrionarias no hay ninguna esperanza de conseguir un tratamiento para muchas enfermedades mortales. Sencillamente, esto no es cierto, aunque con frecuencia tal argumento es aducido por sus

defensores más entusiastas, que no hacen las salvedades de los científicos serios: la investigación con células embrionarias durará muchos años, será cara y, a la postre, puede que no logre resultados (...). Ciertas afirmaciones, sin embargo, inducen a error al público y, a menudo, a los enfermos al suponer que las investigaciones pueden concluir pronto o que tendrán éxito con absoluta seguridad”⁵¹.

También Bellver, aprecia que las “células madre” de adulto no han llegado a tener el mismo protagonismo mediático que las embrionarias: “Curiosamente, los avances en el aislamiento y utilización terapéutica de las células madre de adulto nunca han llegado, ni de lejos, a tener el protagonismo de las informaciones relacionadas con las células madre embrionarias”⁵².

Conclusión

Los datos expuestos muestran claramente el hecho de las coincidencias y divergencias entre las dos esferas estudiadas: la Ciencia y los medios de comunicación. Aceptando la inseparabilidad de ambos entornos, se puede confirmar, también en este caso, la influencia mutua que se ejercen. Lógico sería pensar que los ámbitos periodísticos estén muy pendientes de los descubrimientos científicos y se apresuren a dar noticias en relación con ellos.

Sin embargo, en el caso español, se aprecia con claridad cómo los criterios de noticiabilidad van en una dirección completamente distinta a los avances científicos y apuntan más hacia las células troncales embrionarias. Este predominio de las células troncales embrionarias en la prensa podría ser interpretado como un intento en los medios de influir sobre los investigadores en estos temas de alguna manera. Mientras se detecta esto en los medios de comunicación por el procedimiento utilizado de recuento y de *Framing*, su catalogación y categorización; las bases de datos de publicaciones científicas, claramente demuestran un interés creciente por el tema de las células troncales, con especial énfasis en aquellas células de más fácil acceso y manejo, las hematopoyéticas, incluso hipotéticamente para su aplicación en la investigación de enfermedades nerviosas o de otro tipo, dada su plasticidad.

También se observa una clara influencia en las relaciones mutuas entre ambas esferas en el entorno norteamericano y español. Es fácil pensar que el impacto de los descubrimientos científicos sobre los medios, y viceversa, es mucho mayor, y parece más riguroso en Norteamérica que en España.

47. Cfr. NISBET, M. C., BROSSARD, D. y KROEPSCH, A., Op. cit.

48. Cfr. RODRÍGUEZ LUQUE, C., Op. cit.

49. RODRÍGUEZ LUQUE, C., “Tratamiento periodístico de las ‘células madre’. Un análisis desde la perspectiva del *Framing* (*El País* y *ABC*, 2002)”, en VV. AA, *Prensa y Periodismo especializado 4* Guadalajara, Asociación de la Prensa de Guadalajara, 2009, pp. 197-208.

50. Cfr. RODRÍGUEZ LUQUE, C., Op. cit.

51. COSTAS, E., “Células madre”, *El País*, 4 Julio de 2002, p.13.

52. BELLVER CAPELLA, V., *Por una bioética razonable. Medios de Comunicación, Comités de ética y Derecho*, Comares, Granada, 2006, p. 21.

Definitivamente, el descubrimiento de la existencia de neurogénesis adulta en el ser humano, supone la revolución conceptual que orienta los aspectos metodológicos de la investigación en enfermedades neurodegenerativas en este siglo XXI.

Es evidente que este cambio está encadenado a otros descubrimientos y la profundización

posterior que siempre se produce en la Ciencia médico-biológica, como los mecanismos de muerte celular (e.g. apoptosis), y que está coexistiendo con paradigmas anteriores, de los que no podemos adivinar si perecerán próximamente, en aras de este otro, o viceversa.

Bibliografía

- ADROVER, T., LUJÁN, J. L., REVUELTA, G. y DE SEMIR, D., *Cèl·lules mare: La petjada mediàtica. La comunicació social sobre les cèl·lules troncales a la premsa espanyola (1997-2004)*, Fundació Víctor Grífols i Lucas, Memoria del proyecto de investigación, Barcelona, Manuscrito no publicado, (s.f.).
- ÁLVAREZ-BUYLLA, A. y NOTTEBOHM, F., "Migration of young neurons in adult avian brain", *Nature*, v. 335, (1988), pp. 353-354.
- BELLVER CAPELLA, V., *Por una bioética razonable. Medios de Comunicación, Comités de ética y Derecho*, Comares, Granada, 2006.
- BERNARD, A., GONZÁLEZ, M. A. y MARTÍNEZ, A. C., "Células madre: promesas y realidades", en RODES, J. (ed), *Transplante de órganos y células. Dimensiones éticas regulatorias*, Fundación BBVA, Bilbao, 2006, pp. 243-253.
- BUCCHI, M., *Scientisti e antiscentisti. Perché scienza e società non si capiscono*, Il Mulino, Bolonia, 2010.
- COSTAS, E., "Células madre", *El País*, 4 Julio de 2002, p.13.
- DIPASCUALE, B., MARINI, A. M. y YOULE, R. J., "Apoptosis and DNA degradation induced by 1-methyl-4-phenylpyridinium in neurons", *Biochemical Biophysical Research Communications*, v. 181, (1991), pp.1442-1448.
- DOETSCH, F., CAILLÉ, I., LIM, D. A., GARCÍA-VERDUGO, J. M. y ÁLVAREZ-BUYLLA, A., "Subventricular zone astrocytes are neural stem cells in the adult mammalian brain", *Cell*, v. (1999), pp. 703-716.
- DOETSCH, F., GARCÍA-VERDUGO J. M. y ÁLVAREZ-BUYLLA, A., "Regeneration of a germinal layer in the adult mammalian brain", *Proceedings of the National Academy of Sciences U S A*, v. 96, (1999), pp. 11619-11624.
- FERNÁNDEZ DEL MORAL, J., "Prefacio", en NELKIN, D., *La ciencia en el escaparate*, Fundesco, Madrid, 1990, pp. 1-12.
- GAMSON, W. A. y MODIGLIANI, A., "Media discourse and public opinion on nuclear power: A constructionist approach", *American Journal of Sociology*, v. 95, n.1, (1989), pp. 1-37.
- GARCÍA OLMO, D., GARCÍA-VERDUGO, J. M., ALEMANY, J. y GUTIÉRREZ-FUENTES, J. A. (eds), *Cell Therapy*, McGrawHill-Interamericana, Madrid, 2008.
- GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Análisis de Thomas Kuhn: Las revoluciones científicas*, Trotta, Madrid, 2004.
- GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Science, Technology and Society: A Philosophical Perspective*, Netbiblo, A Coruña, 2005.
- GRAIÑO, S., "Madurez del periodismo científico", en CSIC (eds), *I Congreso Nacional de Periodismo Científico* Editores, Madrid, 1990.
- JOHNSON, J. A., "Stem Cell Research", *CRS Report for Congress*, August 10, (2001), Congressional Research Service, Washington, DC.
- KERR, J. F., "History of the events leading to the formulation of the apoptosis concept", *Toxicology*, v. 181-182, (2002), pp. 471-474.
- KERR, J. F. y SEARLE, J., "Deletion of cells by apoptosis during castration-induced involution of the rat prostate. Virchows Arch B", *Cell Pathology*, v. 13, (1973), pp.87-102.
- KIERNAN, V., "Diffusion of news about research", *Science Communication*, v. 25, n.1, (2003), pp. 3-13.
- KUHN, TH., *La estructura de las revoluciones científicas*, 19ª impresión, Fondo de Cultura Económica, D. L, Madrid, 2000.
- LAKATOS, I., *La metodología de los programas de investigación científica*, 2ª ed, Alianza, Madrid, 1989.
- LÓPEZ GUERRERO, J. A., *Células madre: la madre de todas las células*, Hélice, Madrid, 2003.
- MADEIRA, M. D., CADETE-LEITE, A., ANDRADE, J. P. y PAULA-BARBOSA, M. M., "Effects of hypothyroidism upon the granular layer of the dentate gyrus in male and female adult rats: a morphometric study", *Journal of Comparative Neurology*, v. 314, (1991), pp.171-186.
- MILLER, S. y GREGORY, J., *Science in public. Communication, culture and Credibility*, Plenum Trade, Londres, 1998.
- MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO, "Enfermedades hereditarias y degenerativas del Sistema Nervioso central" en

- <http://www.msc.es/estadEstudios/ecie9mc/webcie9mc/webcie9mc.htm> Consultado el 2 junio de 2008.
- MORENO, C., "La información científico-técnica", en FERNÁNDEZ DEL MORAL, J. (ed), *Periodismo Especializado*, Ariel Comunicación, Madrid, pp. 239-261.
- NELKIN, D., *La ciencia en el escaparate*, Fundesco, Madrid, 1990.
- NELKIN, D., *Selling science. How the press covers science and technology*, Freeman and company, New York, 1995.
- NISBET, M. C., BROSSARD, D. y KROEPSCH, A., "Framing Science: The stem cell controversy in the age of press/politics", *Harvard International Journal of Press/Politics*, v. 8, n. 2, (2003), pp. 36-70.
- NOMBELA, C. (coord), *Retos de la sociedad biotecnológica. Ciencia y ética*, Fundación para el Análisis y los Estudios Sociales, Ávila, 2004.
- PHILLIPS, D. P., KANTER, E. J., BEDNARDZYCK, B. A. y TASTAD, P. L., "Importance of the lay press in the transmission of Medical knowledge to the scientific community", *New England Journal of Medicine*, v. 325, (1991), pp. 1180-1183.
- PRATS, J., Un estudio localiza las células que dan lugar a las neuronas en adultos", *El País*, 11 junio 1999.
- RODRÍGUEZ LUQUE, C., "Research note: Tratamiento periodístico de las 'células madre' desde la perspectiva del Framing. *El País y ABC (1996-2006)*", *Doxa Comunicación*, v.7, (2008), pp.165-171.
- RODRIGUEZ LUQUE, C., "Tratamiento periodístico de las 'células madre'. Un análisis desde la perspectiva del Framing (*El País y ABC, 2002*).", en VV. AA, *Prensa y Periodismo especializado 4* Guadalajara, Asociación de la Prensa de Guadalajara, 2009, pp. 197-208.
- SANCHO-PELLUZ, J., ARANGO-GONZÁLEZ, B., KUSTERMANN, S., ROMERO, F. J., VAN VEEN, T., ZRENNER, E., EKSTRÖM, P. y PAQUET-DURAND, F., "Photoreceptor cell death mechanisms in inherited retinal degeneration", *Molecular Neurobiology*, v. 38, (2008), pp. 253-269.
- SEARLE, J., COLLINS, D. J., HARMON, B. y KERR, J. F., "The spontaneous occurrence of apoptosis in squamous carcinomas of the uterine cervix", *Journal of Pathology*, v. 5, (1973), pp. 163-169.
- THAGARD, P., *Conceptual revolutions*, Princeton University Press, New Jersey, 1992.
- WYLLIE, A. H., KERR, J. F. y CURRIE, A. R., "Cell death: the significance of apoptosis", *International Review of Cytology*, v. 68, (1980), pp. 251-306.
- WYLLIE, A. H., KERR, J. F. y CURRIE, A. R., "Cell death in the normal neonatal rat adrenal cortex", *Journal of Pathology*, v. 111, (1973), pp. 255-261.
- WYLLIE, A. H., KERR, J. F., MACASKILL, I. A. y CURRIE, A. R., "Adrenocortical cell deletion: the role of ACTH", *Journal of Pathology*, v.111, (1973), pp. 85-94.
- YEARLEY, S., *Making sense of science. Understanding the Social Study of Science*. Sage publications, Londres, 2005.

La epistemología y la metodología naturalistas de la matemática de Ph. Kitcher

Ph. Kitcher's naturalistic epistemology and methodology of mathematics

Jesús Alcolea Banegas

Universitat de València (España)
E-mail: jesus.alcolea@uv.es

Resumen: Con su libro *The Nature of Mathematical Knowledge*, Ph. Kitcher, que había estado llevando a cabo una extensa investigación sobre la historia del tema y sobre los debates contemporáneos en torno a la epistemología, vio claramente la necesidad de un cambio en filosofía de la matemática. Su objetivo era reemplazar la predominante filosofía apriorista de la matemática por una filosofía empirista. Las filosofías actuales de la matemática aparecieron todas, de acuerdo con su análisis, para no encajar de modo adecuado con la forma en que los matemáticos hacen realmente matemáticas. Un cambio de orientación debería invocar la reflexión más general de que los factores genéticos causales son tan importantes para la epistemología como la estructura lógica. Como simpatizo en gran medida con la propuesta de Kitcher, mis objetivos aquí serán simples: primero comienzo presentando el argumento de Kitcher, y luego trato de plantear algunas dudas sobre su contribución. Estas dudas surgen probablemente de mi falta de habilidad para seguir el flujo torrencial de las ideas de Kitcher.

Palabras clave: Kitcher, naturalismo, realismo, práctica matemática, demostraciones asistidas por ordenador.

Abstract: With his book *The Nature of Mathematical Knowledge*, Ph. Kitcher, who had been doing extensive research in the history of the subject and in the contemporary debates on epistemology, saw clearly the need for a change in philosophy of mathematics. His goal was to replace the dominant, apriorist philosophy of mathematics with an empiricist philosophy. The current philosophies of mathematics all appeared, according to his analysis, not to fit well with how mathematicians actually do mathematics. A shift in orientation should invoke the more general reflection that causal, genetic factors are as significant for epistemology as logical structure. As I am to a large extent sympathetic with Kitcher's proposal, my aims here will be simple: first I start presenting Kitcher's argument, and then I try to raise some doubts about his contribution. These doubts come probably from my unskilfulness to follow the torrential flow of Kitcher's ideas.

Keywords: Kitcher, naturalism, realism, mathematical practice, computer-assisted proofs.

1. Introducción

En 1983, cuando Philip Kitcher publicó su libro *The Nature of Mathematical Knowledge*, los filósofos de la matemática habían empezado a darse cuenta de que la reforma de la filosofía de la ciencia promovida por *La Estructura de las Revoluciones Científicas* de Thomas

Kuhn era relevante para su propia disciplina. Kuhn y otros filósofos habían argumentado que la racionalidad científica no es sólo cuestión de relaciones inferenciales entre las proposiciones de una teoría científica formalizada, sino que también incluye prácticas y modelos de razonamiento que extienden, revisan y conforman los dominios científicos. Este cambio de orientación apela a la idea de que los

factores causales, genéticos, son tan importantes para la epistemología como la estructura lógica.

Pero la filosofía de la matemática ha sido lenta a la hora de asimilar estas ideas. Kitcher, que había estado investigando extensamente en la historia del tema y en los debates contemporáneos sobre epistemología¹, vio claramente la necesidad de un cambio en filosofía de la matemática. Su objetivo era reemplazar la filosofía apriorista dominante de la matemática con una filosofía empirista. De acuerdo con su análisis, todas las filosofías habituales de la matemática parecían no cuadrar bien con la forma que los matemáticos tienen de hacer matemáticas. A lo largo de la historia la filosofía más prominente de la matemática ha sido el platonismo: la creencia de que la matemática se interesa por objetos abstractos independientes de la percepción y de la mente humana, es decir, que la matemática es una ciencia *a priori*. Tal y como Kitcher lo formuló, estaba refutando a Descartes, Kant, Frege, Hilbert y, de hecho, a la mayoría de los que son conocidos por sus ideas sobre el tema. Sus argumentos tenían que ver no sólo con la filosofía sino con la historia de la matemática y la misma matemática, y creemos que lo que dijo todavía es interesante y muy importante.

Kitcher desarrolló además una epistemología naturalista para la matemática argumentando en defensa de dos tesis: (i) la matemática es una teoría "idealizadora" que tiene su base original en la experiencia humana con los objetos ordinarios (matemática rudimentaria), y (ii) la matemática del presente ha evolucionado desde esta base a través de una sucesión de transiciones interprácticas racionales². Solía pensarse que el conocimiento

matemático era muy diferente del conocimiento obtenido en las ciencias naturales: el primero era cierto y no se veía afectado por las vaguedades de la experiencia sensible, mientras que el último era hipotético y derivaba su confirmación provisional de los experimentos. Kitcher destruyó esta supuesta división entre las ciencias matemáticas y las naturales, y rechazó el apriorismo matemático, adoptando en consecuencia una forma de empirismo matemático o una versión liberalizada de constructivismo, la visión de que la matemática es el estudio de las habilidades constructivas de un matemático ideal³.

The Nature of Mathematical Knowledge de Kitcher se divide en tres partes. La primera es un ataque a las diferentes versiones de apriorismo matemático, mostrando que no pueden demostrar que el conocimiento matemático es *a priori* en el sentido de Kitcher. La segunda parte presenta la realidad matemática constructivista de Kitcher y discute la naturaleza de nuestra teorización sobre ella; y la tercera describe y compara los cambios de teoría en el caso de la matemática y la ciencia, y entra en su desarrollo histórico. A nuestro modo de ver, esta división corresponde naturalmente a los tres subargumentos que integran el argumento global de Kitcher. Pero lo que unifica su contribución sobre todo es su ataque a las filosofías *a priori*⁴, una negativa sensata a mantener separada la matemática del resto de la ciencia, y una convicción de que la historia y la filosofía de la matemática pueden informarse mutuamente.

naturalismo afirma que todo lo que existe o sucede en el mundo es susceptible de explicación siguiendo los métodos científicos naturales. Está firmemente arraigado en la tradición filosófica, sobre todo en el empirismo. El filósofo responsable del actual renacimiento del naturalismo es W. V. O. Quine, un autor cuya obra "fue una de las cosas más liberadoras que" Kitcher "jamás leyó". *The Nature of Mathematical Knowledge* apuntó hacia el proyecto en el que Kitcher ha estado y está "comprometido, a saber, el de dar una explicación naturalista del desarrollo del conocimiento científico en general" (Conversaciones con W. Callebaut, en CALLEBAUT, W., *Taking the Naturalistic Turn or How Real Philosophy of Science is Done*, organizadas y moderadas por W. Callebaut, The University of Chicago Press, Chicago, 1993, pp. 94 y 96).

3. Kitcher considera su posición "como constructivismo pragmático, en el que las matemáticas se conciben, no como sobre cualesquiera tipos especiales de objetos, sino sobre los tipos de formas en que las personas pueden interactuar con y operar sobre su mundo, ya sea físicamente o estructurándolo mentalmente" (Conversaciones con W. Callebaut, en CALLEBAUT, W., *Taking the Naturalistic Turn or How Real Philosophy of Science is Done*, p. 96).

4. De hecho, el ataque comenzó con el artículo KITCHER, PH., "A Priori Knowledge", *The Philosophical Review*, v. 89, (1980), pp. 3-23, y aún se explora en KITCHER, PH., "A Priori Knowledge Revisited", en BOGHOSSIAN, P., PEACOCKE, C. (eds), *New Essays on the A Priori*, Clarendon Press, Oxford, 2000, p. 65, con "una mezcla de penitencia e intransigencia".

1. Véanse, por ejemplo, los artículos: KITCHER, PH., "Fluxions, Limits and Infinite Litenesse", *Isis*, v. 64, (1973), pp. 33-49; KITCHER, PH., "Kant and the Foundations of Mathematics", *The Philosophical Review*, v. 84, (1975), pp. 23-50; KITCHER, PH., "Bolzano's Ideal of Algebraic Analysis", *Studies in the History and Philosophy of Science*, v. 6, (1975), pp. 229-271; KITCHER, PH., "Hilbert's Epistemology", *Philosophy of Science*, v. 43, (1976), pp. 99-115; KITCHER, PH., "The Plight of the Platonist", *Noûs*, v. 12, (1978), pp. 119-136; KITCHER, PH., "Frege's Epistemology", *The Philosophical Review*, v. 88, (1979), pp. 235-262; KITCHER, PH., "A Priori Knowledge", *The Philosophical Review*, v. 89, (1980), pp. 3-23; KITCHER, PH., "Apriority and Necessity", *Australasian Journal of Philosophy*, v. 58, (1980), pp. 89-101; KITCHER, PH., "Arithmetic for the Millian", *Philosophical Studies*, v. 37, (1980), pp. 215-236; KITCHER, PH., "Mathematical Rigor—Who Needs It?", *Noûs*, v. 15, (1981), pp. 469-493.

2. En KITCHER, P., *The Nature of Mathematical Knowledge*, Oxford University Press, Oxford, 1983, pp. 225-228, el autor presentó una sinopsis muy clara de su concepción y de las relaciones entre (i) y (ii). De hecho, estaba defendiendo una marca de *empirismo* que refinó posteriormente y denominó *naturalismo* siguiendo una sugerencia de F. Browder. Cfr. KITCHER, PH., "Mathematical Naturalism", en ASPRAY, W. y KITCHER, PH. (eds), *History and Philosophy of Modern Mathematics*, University of Minnesota Press, Minneapolis, MN, 1988, p. 321, nota 2. Como movimiento filosófico, el

Puesto que en gran medida simpatizamos con la propuesta de Kitcher, nuestros objetivos aquí serán simples: primero comenzaremos presentando el argumento de Kitcher, y después intentaremos plantear algunas dudas sobre su contribución. Estas dudas se deben quizás a nuestra falta de pericia para seguir el flujo torrencial de las ideas de Kitcher.

2. La estructura principal del argumento de Kitcher

Kitcher construye su perspectiva original y comprensiva sobre la base de una amplia familiaridad con la historia de la matemática, y un perspicaz sentido para los más importantes debates contemporáneos de la epistemología y de la filosofía de la ciencia. Su argumento se divide en tres partes. La primera despeja la maleza filosófica, y prepara el terreno para la tarea constructiva que lleva a cabo en la segunda, mientras que la tercera se dedica a un cuidadoso estudio del desarrollo del análisis como rama de la matemática, socavando el tradicional contraste entre la matemática pura y la aplicada. En esta parte, resulta interesante constatar que las únicas distinciones son de grado: basadas en las distancias comparativas de los diferentes conceptos y teoremas matemáticos desde las experiencias y los contextos prácticos a partir de los cuales comenzaron a formarse.

2.1 La primera parte del argumento

Kitcher plantea provocativas cuestiones sobre la naturaleza del conocimiento matemático, sus orígenes, desarrollo y estatuto epistemológico. Su idea básica es que este conocimiento es fundamentalmente empírico, es decir, que las verdades y demostraciones de la matemática se basan en último término en la experiencia real, no en objetos abstractos. Kitcher mantiene que los habituales supuestos aprioristas de muchos matemáticos son impedimentos para una adecuada explicación de lo que sea la matemática y de cómo se desarrolla. Por consiguiente, la primera parte del argumento se dedica a mostrar los errores del apriorismo bajo diferentes formas, etiquetadas en un sentido amplio bajo las rúbricas de “intuición matemática”, sea realista o constructivista, y “conceptualismo”.

Para motivar su ataque, Kitcher traza una distinción iluminadora entre teorías psicologistas y apsicologistas del conocimiento. Se inclina por el enfoque psicologista que ocupa un lugar central en las tendencias epistemológicas actuales, tal y como son representadas por Goldman, Harman y Kripke, y la filosofía de la ciencia, tal y como es representada por Kuhn, Feyerabend, Toulmin, Lakatos y Laudan. El epistemólogo psicologista sostiene que para que

el estado de creencia verdadera de una persona cuente como conocimiento debe depender de una explicación apropiada de la presencia del estado de creencia verdadera. La diferencia entre conocimiento y creencia verdadera gira en torno a los factores que producen la creencia, y así del modo de generar un estado mental particular. A veces la explicación describe un proceso que incluye eventos externos a la persona, pero siempre debe contener eventos psicológicos. Finalmente, la pretensión de conocimiento queda garantizada si el proceso tiene lugar “de la manera correcta”⁵.

El apsicologismo deja bastantes cuestiones sin examinar. ¿Cómo se justifican las mismas reglas de inferencia que la lógica proporciona? ¿Es la lógica la única proveedora de los cánones de argumento? Si es así, ¿por cuál de las lógicas disponibles deberíamos optar? También le resulta difícil explicar el punto de partida de las proposiciones que se conectan ‘de la manera correcta’. Los epistemólogos apsicologistas o ignoran el problema o sostienen que se debe dar un estatus especial a algunas proposiciones, garantizadas sin referencia a la historia, la comunidad de conocedores, o la psicología individual.

Kitcher ofrece la definición de que el conocimiento de una persona es *a priori*, independiente de la experiencia, sólo en el caso de que pudiera haber tenido ese conocimiento no importa qué mínima, pero suficientemente rica, experiencia hubiera tenido. Combinando esto con la tesis psicologista, Kitcher ofrece la siguiente explicación. Una persona con una creencia verdadera de que p tiene conocimiento *a priori* de que p , si esa creencia fue producida por una garantía *a priori*. Parece que los procesos de formación de la creencia se dividen en tipos de acuerdo con el contenido de las creencias, las conexiones inferenciales o causales, los mecanismos perceptivos, etc. Entonces una *garantía* de p es *a priori* si, dada cualquier otra experiencia suficientemente rica, el sujeto cognoscente dispondría de un proceso del mismo tipo, que garantizaría la creencia de que p y produciría la creencia verdadera de que p . Dicho de otro modo, una *garantía a priori* es un proceso que produce una creencia que es de un tipo que 1) puede producir la creencia que X tiene de que p con independencia de las experiencias particulares que X haya tenido (en la medida en que X ha tenido experiencia suficiente para entender p), y 2) produce sólo creencias verdaderas y garantizadas, sin que importen las experiencias que X ha tenido o pudo tener.

Tomando en consideración que los matemáticos han aprendido de sus maestros y de documentos

5. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, Oxford University Press, Oxford, 1983, p. 17.

escritos, y de que quien descubre una demostración se percata de que su confianza en su corrección depende de que otros la comprueben y de que los expertos la acepten, se sigue de ello que casi todo el conocimiento matemático depende causalmente de la experiencia, y es muy difícil sostener que sea *a priori*. La carga de la prueba recae, por ello, en el apriorista, el cual debe exhibir la indispensable garantía *a priori*: "Si alguien desea sostener que una creencia particular es un ítem de conocimiento *a priori*, entonces debe especificar un segmento del linaje causal de la creencia, que conste de los estados y eventos internos al creyente, y las condiciones de alguna identidad de tipo (*type-identity conditions*) que se conforman a algún principio (o conjunto de principios) de clasificación que se emplean de forma estándar en nuestras divisiones de los procesos de formación de la creencia"⁶.

Kitcher pasa a examinar varias estrategias aprioristas empleadas por los filósofos de la matemática que explican los rasgos especiales del conocimiento matemático, y muestra en cada caso que no se dispone de una garantía *a priori*, ni para los conceptualistas, como Locke o Frege,⁷ los constructivistas como Kant o los realistas como Gödel.

El proceso de la intuición pura de Kant "no satisface los cánones exigidos por una garantía *a priori* no porque sea sensible, sino porque es *fallible*"⁸. La 'intuición' de Gödel resulta indeterminada de forma decisiva. Bajo su forma más defendible, como el tipo de cosa acerca de la cual los matemáticos piensan cuando discuten sobre la resolución de problemas, la intuición no garantiza por sí misma la creencia, aunque "puede jugar un importante papel heurístico y también sirve como parte de un proceso de garantía"⁹. En cuanto a los conceptualistas, después de elaborar y hacer un excelente uso de los argumentos anticonceptualistas de Quine, Kitcher concluye sosteniendo que el ejercicio de las habilidades lingüísticas para garantizar la creencia en un enunciado matemático podría ser socavado por una posible experiencia suficientemente rica que cuestionara la racionalidad de usar los conceptos implicados. Procesos que parecen ser garantías *a priori* pueden ser desposeídos de su habilidad para garantizar cuando se frustran

6. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 26.

7. Kitcher señala que los conceptualistas recientes, como los positivistas, defienden que nuestra posesión de conceptos nos permite tener un conocimiento *a priori* básico de los axiomas matemáticos. Pero los conceptualistas más antiguos dieron su apoyo a la variante apsicologista del conceptualismo. Los últimos incluyen a Locke y, según la interpretación de Kitcher, al filósofo de Jena, en KITCHER, PH., "Frege's Epistemology", *The Philosophical Review*, v. 88, (1979), pp. 235-262. Véase KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 65.

8. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 53.

9. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 61.

las creencias del trasfondo, punto este que Kitcher ilustrará con algunos ejemplos de la matemática.

Como último paso, Kitcher considera que los aprioristas sostienen que la vía más importante que lleva al conocimiento matemático pasa por las demostraciones. Desde su punto de vista, las demostraciones escritas codifican procesos que producen conocimiento del teorema demostrado. De acuerdo con el apriorista, se basan en axiomas — enunciados conocidos por medio de garantías básicas *a priori* (es decir, que no envuelven creencias previas)— y proceden de acuerdo con reglas de inferencia que preservan el conocimiento *a priori*. Kitcher organiza su primer ataque en esta explicación argumentando que los teoremas conocidos por medio de demostraciones largas no se pueden conocer *a priori*. Nuestra creencia en un teorema que se ha obtenido por medio de una demostración larga puede no sobrevivir a experiencias que indican que la demostración contiene un error. Kitcher afirma que ocurriría lo mismo con las demostraciones asistidas por ordenador. Ante estas experiencias la garantía proporcionada por la demostración quedaría socavada, aun cuando la demostración fuera en realidad totalmente correcta. La razonable incertidumbre sobre la conclusión no torna imposible el conocimiento, pero aleja de cualquier consideración el conocimiento *a priori*. Así, el conocimiento generado por la demostración no puede contar como *a priori* y el tipo de proceso implicado no es un proceso que garantice la creencia no importa ante qué experiencia nos encontremos.

2.2 La segunda parte del argumento

El antídoto de Kitcher contra el apriorismo es una variedad nada convencional de empirismo, que defiende en la segunda parte de su argumento. Básicamente, argumenta que al principio el conocimiento matemático era "obtenido a través de las observaciones y las manipulaciones de las cosas ordinarias"¹⁰. Fueron los griegos los que empezaron a sistematizar el conocimiento práctico de los egipcios y los babilonios. Algunos griegos mostraron cómo ese conocimiento podría transformarse y fundamentarse dando lugar a la matemática pura. El conocimiento establecido por los matemáticos individuales fue transmitido a través de una sucesión de maestros y escuelas, llevando finalmente a la comunidad matemática contemporánea. La comunidad es de relevancia *epistemológica*, sobre todo en la medida en que garantiza y transmite las creencias de una generación a otra. Kitcher reconoce en ello a su *teoría evolutiva* del conocimiento matemático, evolutiva porque su interrogante más significativo es "¿Cómo evoluciona el conocimiento matemático?"

10. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 92.

Puede observarse que, como en el caso de la mayoría de las teorías empiristas del conocimiento, la frontera entre la psicología y la epistemología se torna a veces vaga en la explicación de Kitcher, y ello de modo intencional. Su crítica de la epistemología psicologista se centra más en los filósofos que en los historiadores, pero a veces considera que la psicología también es relevante para la historia. En principio, ello incluiría la forma de enseñar y aprender la matemática como elemento clave de su historia, concediendo a la autoridad un papel prominente. En cuanto a los orígenes del conocimiento matemático, Kitcher sugiere que “podemos ver que las actividades de los niños de hoy apuntan a la forma en que nuestros antepasados, sin la ayuda de autoridades, iniciaron la tradición matemática”¹¹.

Para esta alternativa empirista, Kitcher se sirve de la conocida idea de que la matemática describe “la estructura de realidad”, la estructura “reflejada en las propiedades de las cosas ordinarias”. En particular, la aritmética es el resultado de nuestra actividad constructiva y sus enunciados son “verdaderos en virtud, no de lo que *podemos hacer* al mundo, sino de lo que *el mundo* nos permitirá hacerle a él”. Por supuesto, no tenemos aritmética si sólo consideramos las operaciones que son físicamente posibles de ejecutar por nosotros como agentes humanos. Por ello, debemos ser reemplazados por un *agente o sujeto ideal*¹².

Ahora bien, la percepción puede darnos conocimiento de lo que podemos hacer, pero ¿cómo descubrimos lo que el sujeto ideal puede hacer? La respuesta es que se estipulan las habilidades del sujeto ideal cuando idealizamos, al tiempo que suprimimos esa restricción accidental de nuestras propias capacidades, del mismo modo que la naturaleza de los gases ideales queda estipulada en la teoría sobre ellos. La verdad se obtiene sólo si las estipulaciones se encuentran “adecuadamente fundadas”, es decir, si los gases reales se aproximan a la conducta de los ideales, si al ejecutar nuestras operaciones nos aproximamos a las capacidades del agente ideal. La relación entre verdad estipulativa y verdad referencial es posible porque la construcción de estipulaciones fija los referentes de los enunciados “de manera que se obtienen las relaciones referenciales correctas”¹³. Así, en la explicación kitcheriana de la realidad matemática las estipulaciones que fijan las capacidades del sujeto ideal sistematizan nuestras

actividades para conseguir conocimiento empírico.

Tenemos, entonces, una versión de constructivismo que difiere de la de otras formas limitativas de constructivismo en el sentido en que esta versión es “más generosa para el sujeto creador”. De hecho, el sujeto ideal de Kitcher ha sido diseñado de una forma tan “extremadamente liberal” que puede operar en una “sucesión de estadios ... altamente supernumerables”, comprobar enunciados universalmente cuantificados, formar colecciones de entidades matemáticas disponibles en una etapa, usar referencias a futuras colecciones sobre entidades, desempeñar la actividad iterativa consistente en formar colecciones a través de una sucesión infinita de estadios (para sistematizar el análisis matemático), adoptar axiomas sobre los cardinales inaccesibles, tratar con las definiciones iterativas y la lógica clásica,¹⁴ etc. Esto es, lo importante es que debería considerarse que los poderes del sujeto ideal “están determinados y, en la medida de lo posible, son plenos”, y ello de una manera que la visión que tenemos de él como idealización de los agentes humanos “no sufre menoscabo cuando liberamos el sujeto de los estreñimientos de nuestro tiempo” y le concedemos un “super-tiempo”¹⁵. De hecho, el sujeto ideal posee tanto talento que resulta difícil distinguir la posición de Kitcher de la de los “platonistas sofisticados” (como Steiner, Resnik o Maddy) que renuncian al apriorismo y aceptan gustosos las explicaciones perceptivas de las verdades matemáticas elementales¹⁶.

Kitcher desarrolla una imagen de realidad matemática, cuyo punto de partida es la tesis de que “el conocimiento proto-matemático puede obtenerse manipulando el mundo y observando las manipulaciones”¹⁷. La matemática empieza en la prehistoria con el conocimiento perceptivo elemental. Es decir, conocimiento perceptivo de las “operaciones físicas de segregación, reorganización espacial, etc.”¹⁸. El desarrollo del conocimiento matemático se ve como un proceso en el que un conjunto de creencias perceptivamente fundadas, pero desperdigadas, sobre las manipulaciones de objetos físicos dan lugar *por medio de transiciones racionales* a una sucesión de prácticas matemáticas, que llevan en último término

11. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 108, nota 9.

12. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, pp. 106-109.

13. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, pp. 116, 140.

14. Kitcher dice que “sobre la base de la simplicidad que aporta, la idealización clásica parece preferible” al intuicionismo, otra práctica constructiva legítima de la matemática. En KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 145.

15. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, pp. 144-147.

16. Cfr. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 148, nota 49.

17. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 148.

18. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 117.

a la matemática contemporánea. Un conjunto de creencias matemáticas queda entonces garantizado si sus miembros son perceptivamente garantizados o si pertenecen al conjunto de enunciados aceptados de lo se llama práctica *fundada*, es decir, una práctica matemática que resulta de un conjunto perceptivamente garantizado de creencias “por medio de una sucesión de transiciones interprácticas racionales”¹⁹.

Como clarificación final, podemos observar que Kitcher reemplaza “las nociones de objetos matemáticos abstractos, nociones como la de *colección*, por la noción de un tipo de actividad matemática, *coleccionar*”²⁰. Así, la matemática no es sobre objetos en absoluto, sino, como se ha indicado, sobre la estructura de la realidad física. Kitcher completa esta visión con la tesis de que los conceptos matemáticos son en realidad idealizaciones de operaciones llevadas a cabo por un agente ideal. Coleccionar y correlacionar forman las actividades matemáticas elementales y tienen interpretaciones físicas y abstractas. Ambas se encuentran detrás de las nociones primitivas de un sistema lógico para una aritmética aditiva de primer orden que Kitcher desarrolla y llama *Aritmética de Mill*, en reconocimiento de la visión empírica que John Stuart Mill posee de la matemática²¹.

Esta Aritmética de Mill es una teoría de operaciones (ideales) cuyas variables toman valores de operaciones mediante las cuales segregamos grupos de objetos de su medio. Las nociones de operación-uno, operación sucesor, operación adición y operaciones emparejables son fijadas por axiomas como “Dos operaciones-uno son emparejables”, “Operaciones sucesor de operaciones emparejables son emparejables”, “Ninguna operación-uno es un sucesor”, una versión del conocido principio de inducción completa, etc. que proporcionan un fundamento para la teoría de números en el marco de esa teoría de operaciones. Obsérvese que podemos coleccionar operaciones ya efectuadas dando lugar a colecciones de orden superior, una ejecución necesaria en aritmética (y teoría de conjuntos). Como no podemos llevar a cabo operaciones sucesor *ad infinitum*, esta tarea se deja para el sujeto ideal, que está dotado de la capacidad de ejecutar la operación sucesor para cualquier operación que ya ha llevado antes a cabo.

19. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 125.

20. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 110.

21. En términos similares, Kitcher también ofrece una reformulación de la teoría de conjuntos con las operaciones de coleccionar, ordenar y correlacionar. Curiosamente, ha reforzado su simpatía por Mill en su KITCHER, PH., “Mill, Mathematics, and the Naturalist Tradition”, en SKORUPSKI, J. (ed), *The Cambridge Companion to Mill*, Cambridge University Press, Cambridge, 1998, pp. 57-111.

2.3 La tercera parte del argumento

Kitcher está resuelto a explicar no sólo qué sea la matemática desde un punto de vista epistemológico, sino también cómo cambia. Con el fin de presentar patrones racionales de cambio y desarrollo del conocimiento matemático, elabora lo que llama *práctica matemática*, que nos recuerda la noción kuhniana de *matriz disciplinar*²². El autor de la teoría de los paradigmas argumentó que la ciencia y el cambio científico son algo más que un conjunto de enunciados con sus correspondientes transformaciones. De una manera apropiada, Kitcher sugiere centrarse en cinco componentes diferentes, pero interrelacionados por su idea de práctica matemática, $\langle L, M, Q, R, S \rangle$, donde L es el lenguaje de la práctica, M el conjunto de concepciones metamatemáticas, y Q, R y S el conjunto de cuestiones, razonamientos y enunciados aceptados. Así, explicar el desarrollo del conocimiento matemático gira en torno a comprender la racionalidad de la transición de una práctica matemática a su sucesora. Kitcher afirma que el cambio de una antigua práctica cuyos componentes no están en equilibrio a una nueva es la norma en matemáticas. La búsqueda de la perfecta armonía genera, pues, cambio matemático. Pero este cambio es acumulativo porque, cuando fijamos las estipulaciones satisfactorias sobre las capacidades del sujeto ideal, “nos comprometimos en esta tarea siguiendo una política inclusiva de atribución de poderes, articulando nuestra explicación del tema de manera que permita avanzar nuestra comprensión de las atribuciones ya efectuadas”²³.

La discusión de Kitcher del componente del lenguaje gira en torno al modo en que la referencia de los términos matemáticos puede cambiar. Este componente está integrado por una sintaxis y una semántica con un conjunto de potenciales de la referencia, porque inicialmente puede ser algo más que una forma de fijar la referencia. En la explicación del cambio de algunos conceptos (grupo, función,

22. Cfr. KUHN, TH., *The Structure of Scientific Revolutions*, The University of Chicago Press, Chicago, IL, 3ª edición, 1996. p. 182. Tan valiosa ha sido esta noción multidimensional de práctica para Kitcher que ha sido adaptada en su discusión sobre la estructura de la sociobiología, y en su generalización de la trayectoria del darwinismo. Véanse KITCHER, PH., *Vaulting Ambition. Sociobiology and the Quest for Human Nature*, MIT Press, Cambridge, MA, 1985; KITCHER, PH., *The Advancement of Science. Science Without Legend, Objectivity Without Illusions*, Oxford University Press, Oxford, 1993. [Versión española de ISLAS, H. y MANRIQUEZ, L. *El avance de la ciencia: la ciencia sin leyenda, objetividad sin ilusiones*, UNAM, Instituto de Investigaciones Filosóficas, México, 2001].

23. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, pp. 164-165.

integración, etc.), Kitcher afirma que la referencia de sus términos fue fijada inicialmente por medio de paradigmas, una acción que vino seguida de los intentos por obtener una descripción de las correspondientes entidades. Así, en manos de Leibniz la referencia de 'función' fue fijada por medio de determinados paradigmas. La evolución del concepto en los sucesores de Leibniz muestra una interacción entre la adición de nuevos paradigmas y el rechazo de descripciones supuestamente apropiadas. Parece que en la época de la disputa de Euler y d'Alembert sobre las ecuaciones diferenciales la referencia se fijó descriptivamente. El referente del símbolo ' ω ' de Cantor también sufrió alguna evolución. Pero la revolucionaria idea de Cantor fue producir un análogo de la aritmética ordinaria, extendiendo las operaciones aritméticas a sus números transfinitos, demostrando de este modo que eran entidades.

Los cambios en el conjunto de las oraciones aceptadas pueden incluir la adición o supresión y a veces se entretajan con los cambios en el lenguaje. Así, aunque en un principio se creyó firmemente que la declaración de Cauchy de que la suma de una serie convergente de funciones continuas es continua, más tarde fue descartada. Ahora también se representa en nuestro propio lenguaje parte del contenido de muchas de las proposiciones que Hamilton escribió en su teoría de cuaterniones.

El conjunto de razonamientos aceptables contiene como parte destacada el conjunto de demostraciones aceptables, aunque también incluye argumentos inductivos, argumentos por analogía y razonamientos no rigurosos. Se aceptaron los últimos porque resultaban útiles en la resolución de problemas y las alternativas (aún) no habían sido desarrolladas o reconstruidas como argumentos sin lagunas a partir de premisas aceptables. Pero cuando esto se logra, el cambio puede mostrar una vía para aceptar nuevo lenguaje y nuevos principios matemáticos. Así, el movimiento hacia los cánones modernos de rigor empezó a producirse con Cauchy porque podía ser motivado por problemas reales.

El conjunto de cuestiones disminuye si han sido contestadas o se han vuelto irrelevantes con motivo de algún cambio en las condiciones anteriores. Y aumenta con cuestiones de diverso grado de urgencia. La idea que Hamilton tenía de los cuaterniones como números le llevaron a hacerse preguntas similares a las que se habían hecho sobre otros números. Pero el desarrollo moderno de los sistemas algebraicos las tornó irrelevantes. La delineación que Fermat hiciera de ciertas cuestiones facilitó el camino de los que dedicaron sus esfuerzos a la teoría de números, y la famosa lista que Hilbert redactara de 23 problemas ha sido, y todavía es, material de trabajo para muchos matemáticos.

El conjunto de concepciones metamatemáticas contiene propuestas sobre los cánones de demostración, el alcance de la matemática, el orden de las disciplinas y el valor relativo de los tipos de indagación. Así, resulta natural esperar que los cambios en este conjunto se encuentren entrelazados con cambios a gran escala en el resto de los componentes de la práctica. Además, esas concepciones "representan la comprensión reflexiva de la comunidad sobre cómo deben alcanzarse sus metas últimas"²⁴, aunque los matemáticos no pueden expresarlas explícitamente, excepto cuando hacen frente a la crítica. Kitcher reconoce un acuerdo general, que contrasta con las ideas de las generaciones anteriores, entre los matemáticos contemporáneos que fijan los cánones de demostración en la formalización (mecánica), y la teoría de conjuntos como disciplina fundamental y lenguaje de la matemática. Esto podría ser consecuencia de la revolución de Cantor que produjo cambios en los cinco componentes de la práctica.

Estas finas distinciones en los componentes de la práctica dan lugar a una exhibición de cinco importantes patrones de cambio matemático, que incluyen ajustes mutuos en más de uno de los componentes y cuyas actividades, como métodos de cambio racional, producen transiciones interprácticas racionales. Así, *responder cuestiones* tiene lugar como una transición en la que las nuevas técnicas para dar respuesta a cuestiones que la comunidad reconoció antes que eran importantes, tiene como consecuencia la posibilidad de extender la matemática. Estas extensiones pueden dar lugar a la generación de cuestiones y las respuestas a las cuestiones generadas dejan espacio para otras extensiones, y así sucesivamente. Algunas cuestiones tienen relevancia práctica para las ciencias naturales o la ingeniería, y algunas otras son cuestiones "no prácticas" que están relacionadas con "el proyecto general de comprender las entidades que los matemáticos han discutido hasta ahora". En la concepción que Kitcher profesa de la realidad matemática, ello significa que esas cuestiones "surgen a medida que la explicación del sujeto ideal se mejora, a medida que se añade nuevo lenguaje y se aceptan nuevos enunciados"²⁵.

El lenguaje matemático suele extenderse con las *generalizaciones*. Algunas son explicativas, y pueden permitirnos ver cómo una antigua teoría es miembro de una familia de teorías relacionadas. Además, con la generalización propuesta intentamos exponer las conexiones entre las propiedades de las entidades y atribuimos al sujeto ideal un conjunto más grande

24. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 189.

25. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, pp. 201-202.

de poderes con el objetivo de mejorar nuestra comprensión de las capacidades ya atribuidas. Una propuesta de *rigorización* consigue apoyo racional cuando proporciona sustitutos rigurosos para partes no rigurosas de la práctica que refuerzan al mismo tiempo nuestra comprensión. La propuesta puede cambiar el lenguaje, con nuevas expresiones o redefiniciones, y el conjunto de razonamientos y enunciados aceptados, con nuevos primeros principios.

Finalmente, se justifica la *sistematización* como una transición interpráctica racional porque proporciona una perspectiva unificada sobre resultados previos completamente diferentes, y puede estimular revisiones de las concepciones metamatemáticas. Puede adoptar dos formas. La *axiomatización* que confiere unificaciones que permiten que un gran número de los enunciados se derive de un pequeño conjunto de primeros principios, que muestran el camino hacia las demostraciones, y que reducen el número de tipos de entidades, problemas y técnicas. Y la nueva *conceptualización* que permite que cuestiones, enunciados o razonamientos aislados queden subsumidos bajo una sola formulación.

Kitcher lleva el argumento a su culminación con un tratamiento global de la evolución del análisis matemático desde la época de Newton y Leibniz a la de Weierstrass y Dedekind, mostrando cómo los cinco patrones de cambio funcionaron y dieron lugar a la matemática moderna, e ilustrando las principales ideas filosóficas de nuestro autor.

3. Algunas dudas sobre la contribución de Kitcher

Ahora vamos a presentar algunas dudas sobre la contribución de Kitcher. Estas dudas deben entenderse más como clarificaciones personales que como objeciones reales. Nos centraremos sobre todo en cuestiones relacionadas con el realismo y las demostraciones asistidas por ordenador. De esta manera, hablaremos sobre todo de dos problemas que prevalecen: el primero en la filosofía académica de la matemática, y el segundo en la práctica matemática contemporánea. Pero, al mismo tiempo, diremos algo sobre la necesidad de postular una infinidad de objetos matemáticos, sobre la verdad y la práctica matemática, sobre algunos problemas con la traducción que Kitcher hace de la teoría de conjuntos y el compromiso con alguna ontología, sobre razonamientos matemáticos no rigurosos, el semirrigor y la imperfección de instrumentos 'matemáticos', sobre la comprensión matemática, sobre el progreso y la práctica (matemática) límite.

3.1 Realismo y sujeto ideal

3.1.1 Una teoría próxima al realismo matemático

En su consideración de la realidad matemática, Kitcher critica el platonismo como la tesis de que los enunciados aritméticos son verdaderos o falsos sólo porque los numerales son términos singulares que refieren a objetos matemáticos abstractos, y presenta su propia interpretación del lenguaje de la matemática. Kitcher vacila entre interpretar el platonismo como si no equivaliera a otra cosa que a tomar el lenguaje de la matemática como si envolviera la referencia a objetos como números, conjuntos y figuras geométricas, y atribuir al platonista posiciones filosóficas más contenciosas que los verdaderos platonistas, como Gödel, podrían negar. Un ejemplo es su suposición de que si el platonista usa una construcción de los sistemas numéricos dentro de la teoría de conjuntos, está con ello adoptando la concepción presumiblemente metafísica de que los números son conjuntos y sostendrá incluso que en tiempos pasados, antes de que las construcciones conjuntistas se conocieran, al hablar de números los matemáticos estuvieran refiriéndose a conjuntos²⁶.

Por otro lado, anunciando en uno de sus artículos la difícil situación del platonista, Kitcher defiende "la concepción ontológica de que la matemática es la ciencia de las operaciones ideales"²⁷ de un sujeto ideal. Pero no explica en qué sentido son ideales. No desea verlas como si se tomaran de un mundo platónico de operaciones. Es posible que se construyan a partir de la realidad, como él indica. Sin embargo, la operación de abstracción no puede a su vez ser abstraída si hay que evitar un círculo vicioso. Además, para que estas operaciones se consideren como "ideales", este concepto se debería diseñar de alguna manera. Por tanto, no parece que se pueda evitar un recurso tácito al platonismo.

26. Cfr. KITCHER *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 125. Volveré más tarde a este punto.

27. KITCHER, PH., "The Plight of the Platonist", *Noûs*, v. 12, (1978), p. 133. "Al considerar la matemática como una teoría idealizadora de nuestras operaciones reales, a veces hablaré de las operaciones ideales de un sujeto ideal. Lo que no significa que haya que suponer que hay un ser misterioso con poderes sobrehumanos. Más bien (...) las verdades matemáticas son verdaderas en virtud de las estipulaciones que establecimos, especificando condiciones sobre las extensiones de predicados que en realidad no son satisfechas por nada en absoluto, pero que son satisfechas de forma aproximada por las operaciones que realizamos (incluidas las operaciones físicas)"; véase KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 110. Obsérvese que "las estipulaciones no son arbitrarias, sino que caracterizan de forma aproximada a las entidades reales, y que las entidades relevantes son operaciones humanas"; véase KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 110, nota 14.

En esta línea, nos quedamos perplejos por el tratamiento a que Kitcher somete la actividad iterada de coleccionar. Sería natural interpretar el acto iterado de coleccionar como una operación en la que primero formamos colecciones y luego las coleccionamos. Pero en una teoría lo bastante rica para la matemática esa suerte de coleccionar iterado introduce las colecciones como entidades abstractas. Para evitarlo, Kitcher propone construir la actividad de coleccionar de orden superior como una operación que llevamos a cabo sobre nuestras operaciones de coleccionar: "En general, coleccionar algunos objetos es representarlos reunidos. (...) El acto de coleccionar de nivel superior usa las representaciones generadas en anteriores actos de coleccionar como punto de partida para un ulterior acto de coleccionar"²⁸. Podríamos entender esto si pudiéramos interpretar las representaciones de Kitcher como entidades abstractas, pero no pretende tal interpretación. Más bien, pretende idealizar nuestra actividad de *representación*. Sin embargo, no estamos seguros de que esto tenga sentido, pues cada vez que intentamos imaginarnos un ser ideal que lleva a cabo un acto iterado de coleccionar hasta un grado no contable, nos encontramos a nosotros mismos dependiendo del uso de entidades abstractas, o colecciones o representaciones abstractas de ellas.

Estamos seguros de que Kitcher insistiría y contestaría que sólo necesitamos idealizar nuestras propias actividades de representación. Esto nos lleva de nuevo a su intento de evitar las entidades abstractas interpretando la matemática como la teoría de un sujeto constructivo ideal. Es una teoría de los seres no reales, pero posibles, que seríamos si estuviéramos libres de las limitaciones debidas a la muerte o a ciertos rasgos contingentes de nuestro mundo, como la estructura de su tiempo, etc. Nuestro conocimiento se genera al deducir las consecuencias de las estipulaciones que definen al agente ideal. Sin embargo, los matemáticos no son libres para adherirse a idealizaciones que son abstracciones irrazonables, estériles o infundadas de nosotros mismos. Así, se requiere de una práctica anterior. En particular, al apoyar la concepción de Kitcher comparándola con la teoría ideal de gases no debemos olvidar que esta teoría está apoyada por alguna teoría matemática.

Además, la teoría ideal de Kitcher acerca de los actos de coleccionar se funda sobre una teoría de estadios, momentos "en la vida del sujeto constructivo"²⁹, la cual puede ser a su vez una reformulación de la teoría de números ordinales³⁰.

28. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 129.

29. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 146.

30. Kitcher sugiere esto después de reconocer que la sistematización del análisis matemático requiere atribuir al sujeto constructivo la capacidad de realizar "actividad colectiva iterativa a través de

Así, la analogía entre su teoría y la teoría ideal de gases no consigue mostrar que ninguna de las dos teorías prescinda de las entidades abstractas. De hecho, la mayor parte de la teoría física describe fenómenos muy remotos de nuestra percepción cotidiana de los cuerpos ordinarios. Pero si consideramos la teoría de Kitcher como una ficción, entonces sólo necesitamos saber que las entidades abstractas que presupone son posibles, y no reales. De esta manera, no necesitamos suponer misteriosas interacciones causales entre nosotros y las entidades.

Con todo, la teoría plantea nuevas y difíciles cuestiones: (i) ¿Cómo se aplica la teoría ideal a nuestro mundo real? (ii) Como conjunto de conocimientos, ¿de qué es conocimiento, entonces, la matemática? Obsérvese que la sugerencia de Kitcher de "que la aritmética debe su verdad a la estructura del mundo y que la aritmética es verdadera en virtud de nuestra actividad constructiva"³¹ no puede responder estas cuestiones, porque en la teoría ideal y en el conocimiento matemático hay más de lo que se necesita en la estructura del mundo y en nuestra actividad constructiva. Así, de alguna manera, Kitcher ha elaborado una teoría que le ha dejado cerca del realismo matemático. La cuestión (i) exige algún tipo de conexión entre lo "ideal" y lo "real" y la correspondiente justificación. Parece que esto no se puede hacer sin usar algunas entidades matemáticas. A propósito, en relación con esta idea podemos recordar la demostración de consistencia que Hilbert juzgó necesaria para garantizar que ninguna demostración del sistema formal que representa la Aritmética de Peano acababa en enunciados como $0=1$.

3.1.2 Postulación de una infinidad de objetos

Por otro lado, se supone que los axiomas de la Aritmética de Mill estipulan las operaciones que un agente ideal lleva a cabo. Pero considérese el siguiente axioma:

(x) (Ey) Syx.

Nos dice que para cada operación segregativa x que un agente ideal lleva a cabo, ejecuta otra que es sucesora de x . Este axioma es de hecho un *axioma de*

una sucesión infinita de estadios", capacidad que puede traducirse en la introducción de "dos principios que rigen la sucesión de estadios: uno que afirma que cada estadio va seguido por otro, y otro que permite la existencia de estadios"; véase KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 147. Pero esto parece ser una postulación encubierta de los números ordinales.

31. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 108.

infinito. Para Kitcher, si tomamos este axioma como una aserción sobre las operaciones que agentes reales llevan a cabo, es falso, porque no podemos llevar a cabo un número infinito de operaciones segregativas. Esa es la razón de que se deba entender como una estipulación sobre las operaciones que son ejecutadas por un agente ideal. Así, Kitcher declara que nuestra justificación para introducir las estipulaciones que para él constituyen la Aritmética de Mill se basa en que idealizan *nuestra* actividad colectiva real. Pero eso significa que hay un límite finito en las operaciones segregativas que un agente ideal ha de llevar a cabo. La razón es simple: un agente ideal no puede ejecutar una operación que sea sucesora de una operación segregativa x , si no hay objetos que ya no fueran segregados por x , y éste es el caso si sólo hay un número finito de objetos en el universo. De este modo, si Kitcher desea que se sepa que los axiomas (por lo menos el axioma de infinito) de la Aritmética de Mill son verdaderos, debe postular un universo con un número infinito de objetos para ser segregados (porque no sabemos esto con seguridad), o debe postular un reino con un número infinito de objetos abstractos.

Pero es cierto que este segundo paso es un paso que Kitcher no desea, porque lleva al platonismo. En este contexto, y después de reconocer que los matemáticos discuten sobre un sinnúmero de entidades y que la investigación en teoría de conjuntos muestra que estas entidades pueden ser identificadas como conjuntos, Kitcher nos invita a considerar los números naturales y dice que, al parecer, "nuestros antepasados los discutieron durante generaciones, y, en la concepción que ahora se discute, hablaban de conjuntos. Pero, ¿qué conjuntos?"³². Puesto que resulta difícil decir qué conjuntos son los números y hay más de una posibilidad³³, se tiene que hacer una elección arbitraria, y ello plantea, según Kitcher, un serio problema al platonismo. Pero Chihara cree que hay un problema análogo para la concepción de Kitcher, que sugiere un *ad hominem* que, en nuestra opinión, es un *ad hominem* relevante: al preguntar por la verdadera forma lógica del teorema aritmético

"Para todo número natural x e y , hay un número natural z que es la suma de x e y ".

Chihara dice que hay diferentes opciones. Así tenemos que hacer una elección arbitraria, y por ello no podemos elegir exactamente qué hecho sobre las operaciones de un agente ideal expresa ese teorema. Pero entonces, ¿expresa el teorema un enunciado sobre las operaciones de un agente ideal? Esta pregunta no depende de las traducciones del teorema a un lenguaje formal o de sus expresiones en un lenguaje natural. De ahí que Chihara concluya que se supone que el teorema expresa un hecho sobre las operaciones de un agente ideal. "¿Pero qué hecho?"³⁴, pregunta. Como Kitcher no ha proporcionado un método general para traducir proposiciones aritméticas³⁵ a proposiciones de la Aritmética de Mill, el *ad hominem* parece ser inevitable. Indica que la aritmética de primer orden se puede traducir a la Aritmética de Mill "usando algunos principios intuitivos"³⁶. De nuevo éste es un concepto de "intuitivo" que se debe explicar de alguna manera. ¿Es necesario apelar a alguna suerte de facultad, es decir, la facultad de la intuición que nos daría esos principios, y que Gödel consideraba tan fructífera? ¿O deben añadirse a las ideas primitivas de coleccionar y correlacionar?

Además, puesto que Kitcher es consciente del problema asociado con los supuestos existenciales, sostiene que "la aritmética puede o no ser verdadera de las manipulaciones físicas que realmente ejecutamos. Sin embargo, hay mundos posibles en los que la aritmética es verdadera de nuestro coleccionar físico, y podemos considerar legítimamente nuestro propio mundo como una aproximación a tales mundos ideales"³⁷. Pero, una vez más podemos preguntarnos, ¿qué son estos mundos posibles? ¿Son mundos en los que existe una reserva de operaciones que es lo bastante rica como para satisfacer los principios de la Aritmética de Mill? Kitcher también propone provisionalmente un análisis modal de la noción de *teoría idealizadora* como si tratara sobre un *mundo posible próximo*³⁸, similar al real pero más simple en el sentido de que quedan eliminadas diversas complicaciones accidentales del real.

32. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 104.

33. En un famoso ensayo "What Numbers Could Not Be", Benacerraf argumentó que no hay una buena razón para afirmar que los números naturales son los conjuntos en el dominio del modelo de Zermelo para la axiomatización de la teoría de conjuntos, en lugar de los conjuntos del modelo de von Neumann, y que por lo tanto los números no son conjuntos. BENACERRAF, P., "What Numbers Could Not Be", *The Philosophical Review*, v. 74, (1965), pp. 47-73, reimpresso en BENACERRAF, P. y PUTNAM, H. (eds), *The Philosophy of Mathematics. Selected Readings*, Cambridge University Press, Cambridge, 1983, pp. 272-294. [Versión española de RODRÍGUEZ-CONSUEGRA, F., "Qué no podrían ser los números", *Mathesis* (México), v. 9, n. 3, (1993), pp. 317-343].

34. CHIHARA, CH. S., *Constructibility and Mathematical Existence*, Clarendon Press, Oxford, 1990, p. 239.

35. Curiosamente, esboza algunas reglas para traducir proposiciones de la teoría de conjuntos de Zermelo-Fraenkel en proposiciones de su versión de la teoría de conjuntos.

36. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 132.

37. KITCHER, PH., "The Plight of the Platonist", *Noûs*, v. 12, (1978), p. 132-133.

38. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 120.

Esta sugerencia nos parece desacertada, puesto que un mundo posible próximo es una hipótesis de la realidad matemática tanto como pueda serlo un mundo de formas platónicas, y nos quedamos de nuevo con la pregunta acerca de cómo entender la relación entre ese mundo y el real. Además, si deseamos conservar nuestra concepción empirista o constructivista, o debemos buscar semejante mundo en nuestro universo tangible y perceptible, o debemos construirlo usando operaciones ideales. Pero se supone que estos mundos establecen la validez de las operaciones ideales. Así, a menos que estas operaciones ideales se encuentren en un reino de entidades matemáticas, aparece un argumento circular como algo inevitable. Parece obvio que, aunque Kitcher lo niega, sus diversos e importantes supuestos existenciales le llevan a una situación difícil.

3.1.3 Verdad y práctica matemática

Del mismo modo que los humanos abstraemos la noción de gas ideal de los gases reales, los humanos también “especificamos las capacidades del agente ideal al hacer abstracción de las limitaciones accidentales de nuestra propia práctica colectiva”³⁹. De este modo, a través de nuestras estipulaciones creamos un agente ideal perfecto, y los enunciados aritméticos, “como los enunciados de la teoría de gases ideales, resultan ser vacuamente verdaderos”⁴⁰. Esta es la forma de conseguir la verdad sin compromisos ontológicos, pero al mismo tiempo nos deja con una reconstrucción bastante artificial de la verdad y el conocimiento matemáticos⁴¹. Recordemos que la identidad del agente ideal se fija por estipulación, y este proceso es guiado por la idealización de los agentes reales del mundo, idealización que a su vez es una operación, una de las operaciones humanas. En esta explicación, la idealización *sólo* alcanza la aproximación y no la verdad. Así no nos dará la verdad matemática a menos que aceptemos la existencia del sujeto ideal de la Aritmética de Mill. Sin embargo, Kitcher protestará porque, del mismo modo que la aceptación de la verdad aproximada de la geometría en una explicación de la estructura del mundo no

entraña un compromiso con objetos geométricos ideales, así también, según él, nuestra aceptación de la verdad aproximada de la teoría de conjuntos y de la aritmética en semejante explicación no nos compromete con las entidades abstractas.

Cuando Kitcher discute los fines epistémicos de la matemática, propone una teoría pragmática de la verdad. Un enunciado verdadero dice algo sobre los poderes “propriadamente atribuidos al sujeto ideal” y figura “en una historia que se narra de forma adecuada”⁴². “Adecuada” significa que podemos encontrar ese enunciado en la práctica. De hecho, como la verdad es “lo que la indagación racional producirá” (*Ibidem*), “idealmente a la larga”, encontraremos ese enunciado en la *práctica (matemática) límite*⁴³. Obsérvese que la verdad depende de la práctica y el único fin epistémico se reduce a la comprensión de los resultados alcanzados en esa práctica límite. Así, la matemática es el resultado de sistematizar las declaraciones hechas sobre los poderes humanos para ordenar y coleccionar, y depende “de otras ciencias y de intereses prácticos”⁴⁴. Dicho de otro modo, tratamos los enunciados matemáticos como si tuvieran valores de verdad porque podemos explicar el papel que juegan “en nuestro sentido común y en nuestras investigaciones científicas”⁴⁵. Pero si eso es así, resulta difícil comprender la necesidad del sujeto ideal. Las consideraciones pragmáticas no necesitan de una explicación idealizada de las operaciones humanas y, en nuestra opinión, ello queda debidamente apoyado por la aserción de Kitcher de que “no hay ninguna noción independiente de verdad matemática y progreso matemático que se sostenga con independencia de la conducta racional de la investigación y de nuestra búsqueda de los fines no matemáticos”⁴⁶.

3.1.4 El análisis de la teoría de conjuntos

La verdad de las traducciones que conseguimos de los axiomas de la teoría de conjuntos de Zermelo fluye de las estipulaciones sobre las operaciones ejecutadas por el agente ideal. Así, los axiomas deben

39. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 117. Kitcher dice: “No supongo que exista un sujeto ideal que realice estas operaciones ideales. (...) los axiomas establecidos se interpretan como si estipularan las condiciones de un sujeto ideal y nuestra teoría despliega las consecuencias de estas condiciones” (1983, p. 126, nota 29). Pero no explica por qué no importa que el sujeto ideal, cuya actividad es descrita por las versiones de Kitcher de nuestras teorías matemáticas, no exista realmente.

40. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, nota 18.

41. Resnik piensa que esta no es una forma atractiva de reconstruir la verdad matemática. Véase RESNIK, M. D., *Mathematics as a Science of Patterns*, Clarendon Press, Oxford, 1997, p. 65.

42. KITCHER, PH., “Mathematical Naturalism,” en ASPRAY, W. y KITCHER, PH. (eds), *History and Philosophy of Modern Mathematics*, University of Minnesota Press, Mineápolis, MN, 1988, pp. 314.

43. KITCHER, PH., “Mathematical Progress”, *Revue internationale de philosophie*, v. 42, (1988), p. 531.

44. KITCHER, PH., “Mathematical Naturalism”, p. 315.

45. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 105.

46. KITCHER, PH., “Mathematical Naturalism”, p. 315. Para una buena explicación de la idea de progreso matemático de Kitcher, véase GONZÁLEZ, W. J., “Verdad’ y ‘prueba’ ante el problema del progreso matemático”, en MARTÍNEZ-FREIRE, P. F. (ed), *Filosofía actual de la ciencia*, Publicaciones de la Universidad de Málaga, Málaga, 1998, pp. 315-323.

considerarse como consecuencias de las condiciones que imponemos sobre el agente ideal⁴⁷, pero también son “aceptadas porque sistematizan las soluciones de problemas previamente aceptadas”⁴⁸. ¿Son éstas las recomendaciones para aceptar el Axioma de los Cardinales Medibles? Obsérvese que este axioma parece que es más una hipótesis teórica que una estipulación sobre las operaciones para sistematizar o para resolver problemas. ¿Pero qué ocurre con la introducción de nuevos axiomas que pueden generar (nuevas) soluciones a viejos problemas como la Hipótesis del Continuo? Quizás podemos servirnos de la introducción del Principio de Elección de Zermelo. En este caso resulta difícil ver las conexiones de algunos de estos axiomas con el empirismo asumido por Kitcher⁴⁹, a través de la supuesta racionalidad de las transiciones interprácticas que llevaron hasta ellos.

El análisis que Kitcher hace de la teoría de conjuntos se encuentra con otras objeciones. Se supone que un agente ideal realiza un acto de coleccionar objetos físicos al segregar físicamente estos objetos. Para conseguir que una teoría suficientemente poderosa dé lugar a una versión de la teoría de conjuntos, el agente ideal tiene que ejecutar actos de coleccionar sobre actos de coleccionar. Pero ¿cómo ha de hacer esto? Kitcher sugiere que “cuando llevamos a cabo actos de coleccionar de orden superior, las representaciones logradas en actos de coleccionar anteriores se pueden usar como materiales a partir de los cuales se genera una nueva representación”⁵⁰. Chihara interpreta a Kitcher de este modo: representamos el acto de coleccionar llevado a cabo por medio de algún símbolo. Entonces coleccionamos los actos de coleccionar anteriores al llevar a cabo un acto de coleccionar sobre los símbolos que usamos para representar esos actos de coleccionar anteriores. Aunque se supone que el agente ideal ha de realizar un número no contable de tales actos de coleccionar, con el fin de coleccionar todos estos actos de coleccionar en un acto de coleccionar de orden superior, cada uno de estos actos de coleccionar en número no contable debe ser representado por un símbolo.

Chihara plantea algunas preguntas al respecto: “¿De dónde saca el agente ideal una totalidad no contable de símbolos para representar estos actos de coleccionar? ¿Y cómo asigna el agente un símbolo distinto para cada uno de estos actos de coleccionar? ¿Tenemos una verdadera idea de cómo se puede hacer

esto? Además, ¿cómo lleva a cabo el agente todos los *posibles actos de coleccionar* los miembros de esta totalidad no contable?” A partir de ellos, concluye, tenemos que imaginar el sujeto ideal como “un super-agente que lleva a cabo super-operaciones en un super-tiempo”, un agente que “parece más divino que humano”⁵¹. Finalmente, si es tan perfecto, ¿por qué no concederle la existencia?

3.1.5 El compromiso con alguna ontología

En general, la insistencia de Kitcher en concebir “la matemática como una colección de historias sobre las ejecuciones de un sujeto ideal” que contamos “para destacar los rasgos sobresalientes de una realidad confusa”⁵² contrasta con sus preocupaciones por la visión que el platonista tiene de la ontología de la matemática. Sus cuestiones sobre objetos matemáticos se pueden traducir a cuestiones sobre su sujeto ideal. Por ejemplo, es un misterio “cómo podemos en último término referirnos a y tener conocimiento de conjuntos *abstractos*”⁵³. ¿Pero qué ocurre con el sujeto ideal? Si las teorías matemáticas son historias acerca de un agente ideal, pueden ser verdaderas si ese agente ideal existe. Antes de la introducción de este agente, los matemáticos estaban contando historias acerca de los números, los conjuntos, los grupos, los espacios, etc., de los cuales pensaban que eran historias verdaderas. Quizás la mayor debilidad para Kitcher radica en hacer justicia a la matemática pura. Así, parece que reducir los matemáticos a la ficción o la narración de historias no evita el compromiso con alguna ontología, y una lectura platonista normal de las entidades de nivel superior es un poco más fácil de seguir que su explicación del operar sobre operaciones ejecutadas.

El naturalismo de Kitcher parece llevar a dificultades en su intento de evitar el platonismo. Pero en nuestra opinión su posición se explica mejor si unimos su constructivismo liberalizado con algunos elementos de empirismo y algunos otros elementos del platonismo (sofisticado). De alguna manera, el resultado puede ser una especie de constructivismo platonista que puede tener los beneficios de platonismo sin ninguna de sus particulares dificultades y puede dejar al margen los problemas de Benacerraf con el contacto causal.⁵⁴

47. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 134.

48. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 271.

49. Kitcher dice: “El empirista debe responder explicando cómo la matemática ‘superior’ podría emerger de esas partes rudimentarias del tema que se pueden garantizar perceptivamente”; véase KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 271.

50. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 129.

51. CHIHARA, CH. S., *Constructibility and Mathematical Existence*, p. 243.

52. KITCHER, PH., “Mathematical Naturalism,” pp. 313, 324.

53. KITCHER, PH., “Mathematical Naturalism,” p. 312.

54. De acuerdo con el platonismo matemático, los enunciados matemáticos describen las propiedades de objetos abstractos y, de alguna manera que se ha de explicar, nuestras experiencias ordinarias del mundo nos dan información sobre estos obje-

Es decir, la antigua cuestión que este filósofo reavivó de un modo significativo, a saber, ¿cómo sabemos algo acerca de los objetos matemáticos?, ahora se puede responder de una manera sencilla. Los construimos y nuestras construcciones nos “transcenden”, de modo que podemos descubrir en nuestra construcción propiedades que nunca antes nos propusimos. Permítasenos observar que Benacerraf concede, de pasada, que podemos interactuar causalmente con objetos abstractos: para obtener conocimiento matemático, “sólo necesitamos explicar nuestra habilidad para producir y examinar demostraciones formales”⁵⁵, y estas demostraciones son objetos abstractos. Pero si podemos “producir y examinar” demostraciones formales, podemos interactuar con objetos abstractos.⁵⁶ De hecho, creamos demostraciones y descubrimos cosas sobre ellas. En particular, tenemos que determinar, como Benacerraf dice, que ellas “poseen ciertas propiedades sintácticamente definidas”⁵⁷.

Esta conexión entre creación y descubrimiento tiene un lugar en la filosofía de Popper. Desde el punto de vista de su epistemología, la matemática se puede contemplar como un producto de la comunidad matemática, pero este producto se vuelve autónomo de la comunidad que lo produce. Aunque son nuestras creaciones, los objetos matemáticos no son completamente diáfanos para nosotros. Poseen propiedades objetivas y dan lugar a problemas que no son invención nuestra. Popper ve la matemática como un producto evolutivo de los esfuerzos intelectuales de los humanos que crean nuevos objetos matemáticos al objetivar sus creaciones por medio de nuestro lenguaje que es el vehículo indispensable para el matemático. Cerca de esto se encuentra la idea de Kitcher de que el lenguaje matemático posee dos funciones, es “el vehículo a través del cual creamos ciertas estructuras en el pensamiento y el medio con el que contamos historias idealizadas sobre las operaciones constructivas que llevamos a cabo con su

tos. El principal problema del platonista es dar la explicación, porque, como señaló Benacerraf, los objetos abstractos son de forma aparente causalmente inertes y no es nada obvio cómo podemos llegar a tener conocimiento de entidades con las que no podemos tener ningún contacto causal. En Benacerraf, P., “Mathematical Truth”, *The Journal of Philosophy*, v. 70, (1973), pp. 661-679, reimpresso en Benacerraf, P. y Putnam, H. (eds), *The Philosophy of Mathematics. Selected Readings*, Cambridge University Press, Cambridge, 1983, pp. 403-420. [Versión española de F. Rodríguez-Consuegra, “La verdad matemática”, *Ágora. Papeles de Filosofía*, v. 23, n. 2, (2004), pp. 233-253.]

55. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 409.

56. Para el argumento complete, véase TYMOCZKO, TH., “Mathematics, Science and Ontology”, *Synthese*, v. 88, (1991), pp. 201-228.

57. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 409, nota 4.

ayuda”⁵⁸. Pero ello no significa que la matemática sea una mera acumulación de enunciados verdaderos. Los matemáticos se interesan por verdades, por verdades que proporcionan respuestas a cuestiones que son valiosas y prometedoras en la práctica matemática.

En este sentido, para Popper, como para Kitcher, “la matemática genera su propio contenido”. Como adversario de los positivistas, Popper concede que las cuestiones fundacionales sobre las ciencias envuelven una dimensión ontológica cuando postula el llamado ‘mundo 3’, que consta de contenidos objetivos de conocimiento. Aunque niega que éste sea el de la teoría de las Formas de Platón, parece realmente comprometido con algún tipo de platonismo cuando compara su mundo 3 con el contenido objetivo de pensamiento en el sentido de Frege. De hecho, “aunque originalmente contruidos por nosotros”⁵⁹, los objetos matemáticos pueden llegar a ser parte del mundo 3, un mundo de problemas y soluciones que no inventamos, sino que más bien descubrimos.

3.2 Razonamientos matemáticos no rigurosos, demostraciones asistidas por ordenador y progreso

3.2.1 Razonamientos no rigurosos y demostraciones asistidas por ordenador

Tratamos de aumentar nuestra comprensión de un campo matemático al presentarlo de una manera sistemática, es decir, en un sistema axiomático, con un pequeño número de principios a partir de los cuales podemos inferir los resultados a través de pasos que exponen la conexión entre enunciados de la manera más completa posible. Kitcher propone considerar las demostraciones como “sucesiones de enunciados que pertenecen a un sistema de tales sucesiones”. Pero “el conjunto de razonamientos aceptados supera al conjunto de demostraciones aceptadas”⁶⁰, porque algunos enunciados se establecen sobre la base de argumentos inductivos o analógicos, y se usan para garantizar la creencia, como la obra de Pólya nos ha mostrado. Para Kitcher los más interesantes de los razonamientos aceptados son los *razonamientos no rigurosos* de la práctica. “Comparten con las demostraciones aceptadas suficientes rasgos estructurales como para hacer que sea razonable suponer que se puede conseguir una demostración

58. KITCHER, PH., “Mathematical Progress”, p. 534.

59. POPPER, K. R., *Objective Knowledge*, Clarendon Press, Oxford, 1972, p. 138. [Versión española de SOLÍS SANTOS, C., *Conocimiento objetivo*, Tecnos, Madrid, 1974].

60. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 181.

siguiendo los detalles que ellos han fijado”, pero es imposible reconstruirlos para integrarse en el sistema de demostraciones, porque su “fina estructura no se entiende”⁶¹.

En este contexto, un buen ejemplo lo constituye la historia de la conjetura de los cuatro colores, conjetura que ha cosechado un buen número de presuntas demostraciones. Pero, ¿qué sucede con la demostración asistida por ordenador de esta conjetura? Si la demostración sirve para generar nuevo conocimiento y aumentar la comprensión, parece que esta demostración no proporciona ni lo uno ni lo otro. Si las concepciones metamatemáticas deben contener cánones de demostración y los matemáticos contemporáneos parecen haberse puesto de acuerdo en que las demostraciones deberían ser (mecánicamente) formalizables y representables en una teoría de conjuntos⁶², porque ésta es la disciplina matemática fundamental, ¿qué ocurre entonces con las demostraciones asistidas por ordenador? ¿Están actuando irracionalmente los partidarios de estas demostraciones o avanzando hacia una práctica nueva?

Los matemáticos usan ordenadores cada vez con más frecuencia en sus demostraciones. Las demostraciones asistidas por ordenador sugieren que ha habido un cambio importante en el carácter del conocimiento matemático. Por ejemplo, T. Tymoczek⁶³ argumentó que las computaciones del ordenador usadas en la demostración del teorema de los cuatro colores infunden al razonamiento matemático un rasgo nuevo que no es menos empírico que la experimentación en el razonamiento científico ordinario. Para Tymoczek, los procesamientos llevados a cabo por el ordenador en la demostración del teorema de los cuatro colores son, de hecho, experimentos, que dotan a la matemática de contenido empírico. Pero, según Kitcher, las demostraciones asistidas por ordenador “son simplemente una nueva variación de un viejo tema”⁶⁴, es decir, los matemáticos siempre se han quejado de la posibilidad de que un error pudiera estar acechando en alguna parte de una demostración larga⁶⁵. Los matemáticos y los ordenadores cometen

errores. Cuando la comprobación a mano es posible, la probabilidad de error humano es considerablemente superior a la de un error de máquina. Curiosamente, los matemáticos solían incrementar su confianza en sus demostraciones pidiendo a otros matemáticos que las revisaran. Este método tradicional de comprobar las demostraciones, leerlas y verificar que cada inferencia es correcta no es aplicable a las demostraciones asistidas por ordenador.

Ahora bien, con los ordenadores resulta curioso que tengamos una demostración que necesita otra demostración para mostrar que la primera es correcta. Esto podría hacerse demostrando la consistencia del programa que procesa el ordenador o programando otro ordenador para comprobar el resultado obtenido por un ordenador anterior. Los matemáticos han sido testigos de un sinnúmero de otras verificaciones con otros ordenadores, cada una diferente de, y más simple que, las otras⁶⁶. En resumen, podemos repetir las verificaciones, pero un millar de verificaciones no garantizará la corrección del resultado. Basta con una simple refutación o con el descubrimiento de un simple fallo, y todo el conjunto de verificaciones se vendrá abajo. Así, parece que ninguna verificación con ordenador de la conjetura de los cuatro colores se aceptará como definitiva. Los matemáticos esperan todavía un argumento que ponga al descubierto la razón oculta para la verdad de la conjetura. Para convencer a un humano (matemático), una demostración debería ser transparente y, por ello, no es sorprendente que los matemáticos encuentren las demostraciones con ordenador menos convincentes. Saben que la verificación con ordenador de la conjetura de los cuatro colores posee menos valor que, por ejemplo, la demostración completa del último teorema de Fermat, porque esta última abre nuevas posibilidades para la matemática.

3.2.2 Comprensión y demostraciones asistidas por ordenador

Parece que este nuevo tipo de demostración ha supuesto problemas para la comunidad matemática. Nunca antes el concepto de demostración o demostraciones concretas resultaron problemáticas, excepto en relación con algunos métodos o principios que se usaban en su seno.⁶⁷ Pero ahora la famosa

aceptaron como correctas hasta 1890 cuando quedó claro que ambas contenían falacias.

^{66.} Véase, por ejemplo, THOMAS, R., “An Update on the Four-Color Theorem”, *Notices of the American Mathematical Society*, v. 45, n. 7, (1998), pp. 848-859.

^{67.} Por ejemplo, demostraciones que usan el Axioma de Elección o demostraciones por *reductio ad absurdum* de enunciados existenciales, en el caso del intuicionismo.

61. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 182.

62. De acuerdo con Kitcher, parece que los matemáticos contemporáneos respaldan estas afirmaciones. Véase KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 190.

63. TYMOCZKO, TH., “The Four-Color Problem and its Philosophical Significance”, *The Journal of Philosophy*, v. 76 (1979), pp. 57-83, reimpreso en TYMOCZKO, TH. (ed), *New Directions in the Philosophy of Mathematics*, Revised and Expanded Edition, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1998, pp. 243-266.

64. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 46.

65. Una posibilidad real, sin embargo, y no en demostraciones tan largas. Por ejemplo, las demostraciones del teorema de los cuatro colores de Alfred Kempe en 1879 y Peter Tait en 1880 se

demostración asistida por ordenador de la conjetura de los cuatro colores⁶⁸, llevada a cabo por Appel y Haken, fue recibida con severa hostilidad, y algunos matemáticos expresaron su inquietud. Por ejemplo, Ian Stewart, de la Universidad de Warwick, se quejó de que la demostración “no da una explicación satisfactoria de *por qué* el teorema es verdadero”. Es prácticamente imposible captar las enormes e inusuales extensiones de la demostración y de los cálculos del ordenador, que parecen no poseer estructura. “La respuesta —declaró Stewart— aparece como una especie de monstruosa coincidencia. *¿Por qué* hay un conjunto inevitable⁶⁹ de configuraciones reducibles? La mejor respuesta de momento es: ahí está. La demostración: aquí está, mírala. La búsqueda que el matemático hace de la estructura oculta, su ansia por fijar las conexiones estructurales, queda frustrada”⁷⁰.

Como R. Thom decía, los matemáticos rechazarán una demostración no porque sea falsa, sino porque es incomprendible. La comprensión significa en este contexto “un conocimiento completo de todos los argumentos implicados en la demostración escrita”⁷¹. En definitiva, no tenemos una demostración escrita, porque algunas partes sólo son verificadas aleatoriamente por el ordenador. Resulta muy difícil que un humano pueda comprender un programa de ordenador con miles y miles de líneas de código. Si el programa es el resultado de un proceso de diseño razonable, la confianza puede aumentar. El humano puede tener presente algunos detalles y la arquitectura total, pero un refinamiento concreto puede resultar imposible al análisis. Esto marca una gran diferencia con respecto a los argumentos no rigurosos tradicionales. Así, pensando que los matemáticos pueden estar aún lejos de conseguir una “buena” demostración de la famosa conjetura de los cuatro colores, el algebrista P. Halmos afirmaba que

68. De acuerdo con esta conjetura, cuatro colores bastan para colorear cualquier mapa dibujado en un plano de tal manera que los países que comparten frontera no tengan el mismo color.

69. Con un poco de imprecisión podemos decir que la mayoría de las configuraciones de mapas son tan grandes que el uso del ordenador para verificarlas es “inevitable”. De hecho, para completar la demostración se requiere un lema que no se puede examinar y aquí es donde el ordenador interviene de forma decisiva.

70. STEWART, I., *Concepts of Modern Mathematics*, Penguin, Harmondsworth, 1981, p. 304.

71. THOM, R. ET ALII, “Responses to ‘Theoretical Mathematics: Toward a Cultural Synthesis of Mathematics and Theoretical Physics’, by A. JAFFE and F. QUINN”, *Bulletin of the American Mathematical Society*, v. 30, n. 2, (1994), p. 203. Véase también THOM, R., “Modern Mathematics. Does it Exist?”, en HOWSON, A. G. (ed), *Developments in Mathematical Education*, Cambridge University Press, Cambridge, 1973, p. 204; y ALCOLEA, J., “Proof as a Way to Increase Understanding”, en MARTÍNEZ, C. ET ALII (eds), *Verdad: Lógica, representación y mundo*, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, 1996, pp. 243-251.

“los oráculos no son demostraciones matemáticas útiles”⁷².

¿Es posible considerar el ordenador como un agente semi-ideal? Recordemos que el agente ideal puede ejecutar grandes operaciones, operaciones que están más allá de las capacidades humanas. Se puede entender como un paso intermedio entre el mundo ideal y el mundo humano real de las operaciones la gran cantidad de cálculos que el ordenador realiza para nosotros en el teorema de los cuatro colores y ello de una manera firme y dependiente. Si Kitcher necesita el sujeto matemático ideal en su teorización filosófica de la matemática, es obvio que no tenemos “una nueva variación sobre un viejo tema”, porque los ordenadores están haciendo parte del trabajo que atribuimos al sujeto ideal. A medida que la matemática evoluciona, los matemáticos están mejorando su comprensión de las habilidades del sujeto ideal que quedan libres de nuestras bien conocidas limitaciones. A medida que la tecnología de ordenadores evolucione, los matemáticos pueden aumentar su comprensión de la estructura de las demostraciones asistidas por ordenador.

Pero hay aquí otra analogía interesante: las grandes postulaciones que permitimos para el sujeto ideal —postulaciones que no entendemos por completo, y que nuestra “creencia en [ellas] está necesariamente basada en la fe”⁷³—, con el fin de conseguir demostraciones de algún teorema, es similar a nuestra aceptación del ordenador. No decimos que el ordenador podría actuar como un matemático que posee la habilidad de conocer el resultado demostrado, ya que es difícil sostener que el sujeto ideal está dotado de conocimiento. Apuntamos hacia algo que está relacionado con la práctica, es decir, “Si aceptamos ciertos cálculos inevitables realizados por el ordenador, entonces cierto problema queda resuelto o cierto teorema queda demostrado”. Del mismo modo, a un nivel teórico, la aceptación de los axiomas que explican las capacidades del sujeto ideal da lugar a algunos resultados. Sin duda alguna, mientras que es improbable que un sujeto ideal sea aceptado en las filas de una sociedad matemática, ésta acabará aceptando el ordenador con la creciente convicción de que el futuro de la matemática descansará más en la colaboración y la computación

72. HALMOS, P. R., “Has Progress in Mathematics Slowed Down?”, *The American Mathematical Monthly*, v. 97, n. 7, (1990), p. 577.

73. WOODIN, W. H., “Large Cardinal Axioms and Independence: The Continuum Problem Revisited”, *The Mathematical Intelligencer*, v. 16, n. 3, (1994), p. 33. Por ejemplo, es probable que algún axioma de los cardinales grandes sea la clave para demostrar la Hipótesis de Riemann o la Conjetura de Goldbach, que son enunciados de la teoría de números como muchas de las preguntas clásicas no resueltas de la matemática.

inteligente⁷⁴. Ocurre como en la demostración del teorema de los cuatro colores: un proceso complejo de interacción entre el humano y el ordenador, donde Appel y Haken empezaron a considerar el ordenador como un compañero activo que estaba ‘pensando’ de una manera diferente a como ellos pensaban. En un determinado momento, dicen, “el programa, que ya había absorbido nuestras ideas y mejoras durante dos años, empezó a sorprendernos. Al principio, comprobamos sus argumentos a mano de manera que siempre podíamos predecir el curso que seguiría en cualquier situación; pero ahora de repente comenzó actuar como una máquina de jugar al ajedrez. Elaboraba estrategias complejas basadas en todos los trucos que se le habían estado ‘enseñando’ y a menudo estos enfoques eran mucho más inteligentes que los que nosotros habríamos probado. Así empezó a enseñarnos cosas sobre cómo proceder que nunca habíamos imaginado. En cierto sentido, había superado a sus creadores en algunos aspectos de la tarea ‘intelectual’, así como en sus partes mecánicas”⁷⁵.

Estas ideas conectan con la concepción popperiana que hemos señalado previamente. Las demostraciones pueden existir independientemente de nuestra capacidad para examinarlas o completarlas. Por consiguiente, es razonable que algunos matemáticos aún estén buscando una demostración comprensible de la conjetura de los cuatro colores, y alguna manera de comprender las operaciones del ordenador. Recordemos la insistencia de Kitcher en que los matemáticos buscan comprensión, porque es la manera de mejorar nuestra caracterización del sujeto ideal a través de operaciones que se deben conectar con operaciones de nuestro entorno. Es decir, la caracterización de un sujeto ideal “a quien atribuimos poderes con la esperanza de iluminar las habilidades que tenemos para estructurar nuestro medio”. En el caso del ordenador no necesitamos atribuirle nada, porque él posee esos poderes. De este modo, decir que el enunciado de los cuatro colores es verdadero es hacer una afirmación acerca de los poderes que se reconocen adecuadamente en el ordenador⁷⁶, y ‘adecuadamente’ significará que la práctica incluirá el enunciado en el límite del desarrollo de la indagación racional. Pero no olvidamos que fue creación nuestra, como lo fue el sujeto ideal.

74. Obviamente, este será el caso si en esa sociedad la gran mayoría de los matemáticos no fueron “educados antes del desarrollo de los ordenadores de alta velocidad”; véase APPEL, K. y HAKEN, W., “The Solution of the Four Color Map Problem”, *Scientific American*, v. 237, n. 4, (1977), p. 121.

75. APPEL, K. y HAKEN, W., “The Four-Color Problem”, en STEEN, L. A. (ed), *Mathematics Today*, Springer, Berlín, 1978, p. 175.

76. Estamos parafraseando una afirmación de Kitcher en KITCHER, PH., “Mathematical Naturalism”, p. 314.

3.2.3 Herramientas imperfectas y semirrigor

Kitcher sostiene que, para evaluar la racionalidad de alguna transición interpráctica, los “beneficios de la resolución de problemas se deben medir contra los costes de los nuevos métodos”⁷⁷. Como ejemplo de costes percibidos, Kitcher dice que en el siglo XVIII las técnicas para hallar las sumas de series produjeron resultados reconociblemente falsos. Y observa que muchas de las transiciones interprácticas introdujeron nuevos métodos o conceptos que conllevaron costes significativos. No obstante, fue racional adoptar los nuevos métodos: “Los matemáticos, como los científicos naturales y como toda la gente, se sienten a veces justificados para usar herramientas imperfectas. Lo mismo que a veces es razonable adoptar una solución a un problema cotidiano y reconocemos que tiene ciertas deficiencias (o una teoría científica que hace frente a ciertas anomalías), y confiar en que, con el tiempo, seremos capaces de cubrirlas, así es razonable que los matemáticos acepten propuestas para extender una práctica que conlleva costes así como los beneficios de la resolución de problemas. Por más cualificada que pueda ser la anterior discusión, creo que saca en claro que la respuesta a cuestiones puede ser una manera racional de extender la práctica matemática aun cuando las técnicas introducidas para responder antiguas cuestiones traigan consigo nuevos problemas”⁷⁸.

Todo esto es bastante razonable, y en la práctica contemporánea encontramos matemáticos que usan “herramientas imperfectas”, como los ordenadores. Pero Kitcher necesita mostrar que las nuevas prácticas estaban fundadas, lo que requiere mostrar que, a pesar de las imperfecciones de los nuevos métodos que a veces producían resultados reconociblemente falsos, los resultados aceptados al usarlos quedaban garantizados. ¿Y cómo va uno a mostrar que la garantía pasó al siguiente eslabón en la cadena de prácticas? Para nuestro caso, si son una “nueva variación sobre un viejo tema”, ¿están garantizados los resultados obtenidos con la asistencia de un ordenador? La respuesta parece ser negativa.

Parece que las explicaciones de Kitcher sobre costes y beneficios no están relacionadas con consideraciones de tipo económico. Aunque muy rara, la idea ha llegado a nuestro ejemplo con las demostraciones asistidas por ordenador. Como dijimos, estas demostraciones requieren computaciones tan largas que no podrían ser realizadas y ni siquiera verificadas por un ser humano. Puesto que los ordenadores y los programas de ordenador son falibles, los matemáticos tendrán que aceptar que

77. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 199.

78. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 200.

las proposiciones demostradas de este modo nunca pueden ser más que provisionalmente verdaderas. Esta es una limitación en principio, pero la computación también tiene limitaciones prácticas, a pesar de todo su creciente poder. Siempre habrá tareas que lleven mucho tiempo o se piense que son demasiado caras. Las demostraciones con ordenador no son una excepción, y así los matemáticos han explorado las implicaciones que estas limitaciones podrían tener para la práctica matemática. Una predicción es que, ante tiempos de computación impracticables o costes prohibitivos, los matemáticos aceptarán el semirrigor.

Hace algo más de diez años, después de reconocer que el precepto fundamental de la fe matemática es “deberás demostrarlo todo rigurosamente”, precepto que se podría tomar como la “propiedad definidora del matemático”, el matemático Doron Zeilberger predijo que con la llegada de las demostraciones asistidas por ordenador iba a escribirse un nuevo testamento⁷⁹. A medida que la demostración absoluta se vuelve más y más cara, sostenía, los matemáticos usarán demostraciones que son menos completas, pero más baratas. Apuntó al ejemplo de la teoría algorítmica de la demostración para identidades hipergeométricas, donde ya se conocen algunos algoritmos. El problema es que algunos casos requieren computaciones que incluso los ordenadores del futuro tardarán tanto tiempo en llevarlas a cabo que agotarían el presupuesto, si no la vida, del investigador. Concluyó que los matemáticos optarán por limitar la cantidad de computación asignada incluso a teoremas que, en principio, son fácilmente demostrables, optando por una cuasicerteza menos costosa. Además, predijo que los matemáticos en conjunto aceptarán tal semirrigor como una forma legítima de validación matemática.

3.2.4 El progreso y la práctica límite

Como ya hemos indicado, según Kitcher, el progreso matemático se puede concebir en términos de cambio racional que se puede apreciar “en términos de la maximización de las oportunidades para lograr

los fines epistémicos”. Uno de estos fines es lograr una comprensión sistemática de la matemática ya introducida, al responder a cuestiones que fueron generadas por la práctica anterior. Pero las respuestas se aceptarán como si fueran correctas en un momento dado sólo en el caso de que sean “reconocidas como si formaran parte de una historia que está *bien fundada* en ese momento”⁸⁰.

Al considerar las transiciones interprácticas en el caso del cálculo, Kitcher describe las obras de Newton y Leibniz como si proporcionaran respuestas a algunas cuestiones fundamentales. “La asombrosa complejidad de las técnicas inventadas por anteriores matemáticos (y por Newton en algunos de sus primeros ensayos) dio lugar a un método simple y unificado”⁸¹. Las nuevas técnicas permitieron resultados que no entraron en serio conflicto con otras técnicas más establecidas e inferencias científicas que eran aceptables. Estos hechos explican que resultara razonable que los matemáticos adoptaran esas nuevas técnicas, y que Leibniz defendiera su adopción, al tiempo que era conocedor de las dificultades para comprender cómo funcionaban y de que el razonamiento no era riguroso.

Pero conceder que era razonable aceptar algunos enunciados matemáticos en base a estas nuevas técnicas no basta para otorgar que esos matemáticos sabían que esos enunciados eran verdaderos. Para mostrar que poseían alguna garantía para aceptar los enunciados, se tendría que hacer algo más que mostrar que era razonable aceptarlos. Es decir, aunque las soluciones vengan primero, deben ir seguidas de justificaciones, de lo contrario estamos fusionando razonabilidad y racionalidad. Recordemos, sin embargo, el compromiso de Kitcher con la racionalidad como “el producto de nuestra previa reflexión sobre nuestras prácticas pasadas y presentes”⁸². En este caso, ¿cómo podemos estar seguros de que la práctica está aún en progreso y no en retroceso?

Quizás Kitcher pueda contestar que, en su concepción, basta con dar énfasis a la variedad explicativa del progreso de un modo que le ha llevado a reconocer “la necesidad de dejar de concentrarse sobre enunciados aceptados (un rasgo del empirismo lógico que sobrevive en Lakatos y Laudan) y centrarse en los modos en que los enunciados son *usados* al responder cuestiones”⁸³. Nos parece que ésta es una

79. “Hay escritos en la pared acerca de que, ahora que ha llegado el salvador de silicio, se va a escribir un nuevo testamento. Aunque habrá un pequeño grupo de matemáticos al viejo estilo ‘riguroso’ (...) que insistirán en que la verdadera religión es la suya y que el ordenador es un falso Mesías, pueden ser considerados por los futuros matemáticos convencionales como una secta marginal de excéntricos inofensivos (...) En el futuro, no todos los matemáticos se preocuparán por la certeza absoluta, ya que habrá muchos hechos nuevos y emocionantes por descubrir”; véase ZEILBERGER, D., “Theorems for a Price: Tomorrow’s Semi-rigorous Mathematical Culture”, *The Mathematical Intelligencer*, v. 16, n. 4, (1994), p. 11. Para más detalles, véase ALCOLEA, J., “La demostración matemática: Problemática actual”, *Contrastes. Revista Interdisciplinar de Filosofía*, v. 7, (2002), pp. 15-34.

80. KITCHER, PH., “Mathematical Progress”, pp. 531, 528.

81. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 231.

82. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 83.

83. KITCHER, PH., *The Advancement of Science. Science Without Legend, Objectivity Without Illusions*, Oxford University Press, Oxford, 1993, p. 112, nota 21. [Versión española de ISLAS, H. y MANRÍQUEZ, L. *El avance de la ciencia: la ciencia sin leyenda, objetividad sin ilusiones*, UNAM, Instituto de Investigaciones Filosóficas, México, 2001].

respuesta dentro de la perspectiva crítica, en la que la razonabilidad se ve como un concepto gradual. El punto hasta el que una inferencia o declaración particular se considera razonable depende de la aceptabilidad de esa inferencia o declaración, como parte de un procedimiento para conducir una discusión crítica, para resolver el problema que nos ocupa, etc. A este respecto, la razonabilidad crítica depende del juicio humano: está relacionada con un grupo concreto de personas en un tiempo y en un lugar concretos. En el caso que nos ocupa, está relacionada con la práctica matemática. Pero la idea de justificación aún persiste.

Pensamos que Kitcher introduce la noción de *práctica límite* para satisfacer esta persistencia. “La práctica límite —dice Kitcher— servirá como el canon con el que se deben juzgar las transiciones en estadios anteriores del desarrollo de la matemática”⁸⁴. En esta práctica límite hallaremos los conceptos adecuados, los enunciados correctos, los razonamientos convincentes, las cuestiones respondidas de forma adecuada y las tesis metodológicas coherentes. Pero de nuevo es inevitable la pregunta anterior, ¿cómo podemos estar seguros de que la práctica está aún en progreso y no en retroceso? Además, ¿es posible la estabilidad? Kitcher concluye que “no habrá momento alguno en el que una disciplina se vuelva estable”⁸⁵. Podemos presumir que ello es consecuencia de la incompletud esencial de las teorías matemáticas, y deja la puerta abierta a alguna forma de realismo. Puede que el progreso no sea el descubrimiento de entidades abstractas, sino el resultado de cambiar la práctica, “cuya única función es la de asegurar tesis sobre la verdad matemática y el progreso matemático”. Pero la práctica matemática es simplemente una sombra de un universo matemático objetivo, y la práctica límite condensa todo lo que supuestamente sabemos en un momento concreto⁸⁶.

Conclusión

Al llegar al final, debemos indicar que nuestras anteriores dudas no constituyen puntos decisivos contra la visión que Kitcher posee de la matemática, y no disminuye en absoluto el valor de su estudio en la historia de la matemática. Simpatizamos con su idea de que los filósofos de la matemática tienen mucho que aprender de la historia de la matemática. Pensamos que ha hecho una labor excelente al

exponer la debilidad de los argumentos tradicionales a favor de las principales variedades de apriorismo matemático y la oscuridad de algunas nociones a las que con frecuencia acuden los filósofos aprioristas. Sin embargo, el interés de su contribución se acrecienta enormemente en lo tocante a sus propias propuestas constructivas a favor de una teoría del conocimiento matemático y de la realidad matemática. Surgen de las siguientes convicciones, que subscribimos sin reservas y que dan la clave de su naturalismo epistemológico y metodológico: “La epistemología no tiene ningún punto arquimediano desde el cual pueda ejercer influencia sobre las pretensiones de conocimiento de los que participan en los diversos tipos de investigación humana. No debe fijarse de antemano ninguna explicación global de lo que sea el conocimiento y de qué tipos de inferencia deberían ser considerados correctos. Antes bien, debe emerger de la consideración de los modos de inferencia de que realmente se sirven los humanos y de las pretensiones de conocimiento a que realmente llegan”⁸⁷.

Su trabajo en filosofía de la matemática debería haber jugado un papel más destacado tanto en la filosofía como en la historiografía de la matemática. Pero parece que, después de todo, no lo ha jugado. Sería racional admitir que su propuesta es incompleta y que se podría mejorar de alguna manera. Por ejemplo, teniendo en cuenta otros ejemplos históricos, el tratamiento del razonamiento matemático individual debería hacerse más extenso y más preciso manteniendo el puente de unión entre las discusiones filosóficas (tradicionales) y la compleja práctica de la matemática. Los conceptos introducidos por Kitcher resultarán incluso útiles para iluminar algunas partes de la actividad matemática. Nuestro objetivo ha sido simplemente llamar la atención del lector sobre sus ideas con el fin de motivar su estudio.

Adenda: pasos de Kitcher hacia el pragmatismo

En sus comentarios a la versión inglesa de este trabajo⁸⁸, Kitcher⁸⁹ reconocía la simpatía de nuestra posición con la suya, y la forma en que habíamos señalado cómo algunas de sus propuestas tenían que ser corregidas, pero en una línea “más radical” y que “el desarrollo histórico de la matemática” debía

84. KITCHER, PH., “Mathematical Progress”, p. 531.

85. KITCHER, PH., “Mathematical Progress”, p. 535.

86. Kitcher dice que “el universo abstracto es simplemente una sombra de la práctica matemática, cuya única función es suscribir declaraciones sobre la verdad matemática y el progreso matemático”, en KITCHER, PH., “Mathematical Progress”, p. 527.

87. KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, p. 97.

88. ALCOLEA, J., “Kitcher’s Naturalistic Epistemology and Methodology of Mathematics”, en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Scientific Realism and Democratic Society. The Philosophy of Philip Kitcher*, Rodopi, Ámsterdam / New York, NY, 2011, pp. 295-326.

89. KITCHER, PH., “Second Thoughts”, en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Scientific Realism and Democratic Society. The Philosophy of Philip Kitcher*, Rodopi, Ámsterdam / New York, NY, 2011, pp. 377-386.

haber desempeñado un papel más importante en su argumento y que “el orden epistemológico en matemáticas es aproximadamente el orden histórico”⁹⁰. En particular, Kitcher anotaba que habíamos presentado “algunas objeciones devastadoras” a sus esfuerzos por articular una aproximación ‘constructivista pragmática’ a la verdad matemática⁹¹.

De hecho, para Kitcher, era escasamente plausible concebir los procesos evolutivos de la matemática en interacción con entidades platonistas, pues una explicación de la ontología de la matemática debería explicar los descubrimientos matemáticos. Así, los matemáticos innovadores en nuevas formas de práctica matemática comenzaron respondiendo al estado de los juegos de lenguaje en que habían sido educados con nuevas formas (de manipular formas) simbólicas, sin necesidad de interactuar con ningún mundo platónico de entidades abstractas.

Entendiendo la corrección de nuestra crítica a sus esfuerzos por reconstruir la matemática en términos de la actividad constructiva de un sujeto ideal, Kitcher proponía entender esta ciencia como un conjunto de juegos de lenguaje, “guiados por un conjunto en evolución de valores y cánones”⁹². En su desarrollo a lo largo de la historia, los lenguajes matemáticos suministran a los investigadores los instrumentos conceptuales que facilitan su labor. El éxito cosechado por los investigadores en sus prácticas apunta a ciertas relaciones entre los términos matemáticos y el modo de interactuar con la realidad, del mismo modo que en el pasado ciertas acciones (coleccionar, por ejemplo) estaban relacionadas con el vocabulario básico de la aritmética. En la misma línea cabría pensar de los ordenadores como instrumentos al servicio de los matemáticos en sus prácticas.

Con posterioridad Kitcher ha seguido perfilando su posición, pero acentuando sus posiciones hacia el pragmatismo. Es cierto que, en las últimas décadas, el pragmatismo ha ejercido su influencia sobre diferentes campos de estudio. En su libro *Preludes to Pragmatism* —en realidad, una colección de 17 ensayos, la mayoría escritos en los últimos cinco años previos a la publicación del libro, pero no siempre reimpresos de otras fuentes, como el ensayo “Mathematical Truth?”⁹³—, Kitcher ha presentado su creciente aceptación de esta corriente clásica de pensamiento para diversos proyectos próximos a la filosofía analítica y que van desde el naturalismo y la filosofía de la matemática hasta la educación y la

democracia. Nuestro pensador pretende “renovar el proyecto de James-Dewey para nuestro propio tiempo”⁹⁴. Destacamos dos importantes temas, al respecto: el naturalismo y el realismo “real”.

El *naturalismo*, en una línea próxima a Dewey, reconectaría la psicología, la biología y las preocupaciones epistemológicas para devolver la filosofía al mundo del organismo humano. Esto es, se destacaría el papel de la ciencia en la epistemología. También corre el riesgo de definir el “bien cognitivo” de la verdad de forma pragmática. El objetivo de la investigación, nos dice, es “obtener una verdad significativa” —cuya importancia depende “de nuestras preocupaciones prácticas, o de nuestros intereses epistémicos”—, y “descubrir el orden del ser”, un objetivo que sigue siendo parte de los “objetivos epistémicos impersonales” que la ciencia defiende⁹⁵. Por tanto, para Kitcher, el pragmatismo significa continuar la investigación filosófica de una manera que se integre y responda a la ciencia moderna. Por su parte, su *realismo real* sostiene que “una vez que adoptamos un lenguaje, algunas de las oraciones de ese lenguaje serán verdaderas en virtud de las relaciones referenciales entre los términos constituyentes y las entidades que son independientes de nosotros. La adopción en sí misma, sin embargo, no está guiada por la naturaleza sino por lo que es conveniente y útil para nosotros al describir la naturaleza”⁹⁶. El pragmatismo se convierte así en una forma de garantizar que nuestras teorías filosóficas estén conectadas con intereses de la vida real.

El naturalismo pragmático entiende que la objetividad de las matemáticas se apoya sobre todo en el lenguaje matemático. Las verdades matemáticas son entonces las que perduran de forma estable en las prácticas lingüísticas de los matemáticos consiguiendo determinados objetivos. Estos objetivos son las prácticas mundanas en las que se implicaron las primeras personas que se embarcaron en la aventura matemática, las respuestas que ofrecieron para facilitar precisamente esas prácticas mundanas y los usos que hicieron del lenguaje matemático al investigar la naturaleza. Ahora bien, este naturalismo pragmático no necesita invocar ningún tipo especial de objetos matemáticos para llegar a una visión de la verdad matemática y de la objetividad matemática. De hecho, se circunscribe a la idea kitcheriana de que “la epistemología sin historia es ciega” (por el nombre de su ensayo “Epistemology Without History is Blind”⁹⁷).

90. KITCHER, PH., “Second Thoughts”, pp. 377-378, 381.

91. KITCHER, PH., “Second Thoughts”, p. 380.

92. KITCHER, PH., “Second Thoughts”, p. 384.

93. KITCHER, PH., “Mathematical Truth?”, en KITCHER, PH., *Preludes to Pragmatism. Toward a Reconstruction in Philosophy*, Oxford University Press, New York, NY, 2012, pp. 166-191.

94. KITCHER, PH., “Mathematical Truth?”, p. xiii.

95. KITCHER, PH., “Mathematical Truth?”, pp. 60, 63.

96. KITCHER, PH., “Mathematical Truth?”, p. 109.

97. KITCHER, PH., “Epistemology Without History is Blind”, *Erkenntnis*, v. 75, (2011), p. 523.

“Mathematical Truth?” y la respuesta de Kitcher⁹⁸ a G. Rosen⁹⁹ se centra en la idea de que la explicación funcionalista de la verdad para las proposiciones matemáticas debe separarse de la idea de Tarski de reducir la verdad a referencia, pues de lo contrario entramos en el problema planteado por Benacerraf¹⁰⁰: si la verdad matemática se entiende en términos de relaciones de referencia, los objetos parecen poseer propiedades que hacen imposible su conocimiento, al menos desde una perspectiva naturalista.

Para Kitcher, el naturalismo facilita la salida de esta complicada situación siguiendo una estrategia que al mismo tiempo es útil para comprender las prácticas humanas, pues de lo que se trata es de comprender

98. KITCHER, PH., “Reply to Rosen”, en COUCH, M. y PFEIFER, J. (eds), *The Philosophy of Philip Kitcher*, Oxford University Press, New York, NY, 2016, pp. 38-44.

99. ROSEN, G., “Kitcher against the Platonists”, en COUCH, M. y PFEIFER, J. (eds), *The Philosophy of Philip Kitcher*, Oxford University Press, New York, NY, 2016, pp. 14-38.

100. BENACERRAF, P., “Mathematical Truth”, *The Journal of Philosophy*, v. 70, (1973), pp. 661-679, reimpresso en BENACERRAF, P. y PUTNAM, H. (eds), *The Philosophy of Mathematics. Selected Readings*, Cambridge University Press, Cambridge, 1983, pp. 403-420. [Versión española de F. Rodríguez-Consuegra, “La verdad matemática”, *Ágora. Papeles de Filosofía*, v. 23, n. 2, (2004), pp. 233-253].

Bibliografía

- ALCOLEA, J., “Proof as a Way to Increase Understanding”, en MARTÍNEZ, C. ET ALII (eds), *Verdad: Lógica, representación y mundo*, Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, 1996, pp. 243-251.
- ALCOLEA, J., “La demostración matemática: Problemática actual”, *Contrastes. Revista Interdisciplinaria de Filosofía*, v. 7, (2002), pp. 15-34.
- ALCOLEA, J., “Kitcher’s Naturalistic Epistemology and Methodology of Mathematics”, en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Scientific Realism and Democratic Society. The Philosophy of Philip Kitcher*, Rodopi, Ámsterdam / New York, NY, 2011, pp. 295-326.
- APPEL, K. y HAKEN, W., “The Four-Color Problem”, en STEEN, L. A. (ed), *Mathematics Today*, Springer, Berlín, 1978, p. 153-180.
- APPEL, K. y HAKEN, W., “The Solution of the Four Color Map Problem”, *Scientific American*, v. 237, n. 4, (octubre 1977), pp. 108-121. [Versión española de L. Bou, “La solución del problema del mapa de cuatro colores”, *Investigación y ciencia*, 15 (diciembre de 1977), pp. 78-90].
- BENACERRAF, P., “What Numbers Could Not Be”, *The Philosophical Review*, v. 74, (1965), pp. 47-73, reimpresso en BENACERRAF, P. y PUTNAM, H. (eds), *The Philosophy of Mathematics. Selected Readings*, Cambridge University Press, Cambridge, 1983, pp. 272-294. [Versión española de RODRÍGUEZ-CONSUEGRA, F., “Qué no podrían ser los números”, *Mathesis* (México), v. 9, n. 3, (1993), pp. 317-343].
- BENACERRAF, P., “Mathematical Truth”, *The Journal of Philosophy*, v. 70, (1973), pp. 661-679, reimpresso en BENACERRAF, P. y PUTNAM, H. (eds), *The Philosophy of Mathematics. Selected Readings*, Cambridge University Press, Cambridge, 1983, pp. 403-420. [Versión española de F. Rodríguez-Consuegra, “La verdad matemática”, *Ágora. Papeles de Filosofía*, v. 23, n. 2, (2004), pp. 233-253].
- CALLEBAUT, W., *Taking the Naturalistic Turn or How Real Philosophy of Science is Done*, organizado y moderado por W. Callebaut, The University of Chicago Press, Chicago, 1993.
- CHIHARA, CH. S., *Constructibility and Mathematical Existence*, Clarendon Press, Oxford, 1990.
- GONZÁLEZ, W. J., “‘Verdad’ y ‘prueba’ ante el problema del progreso matemático”, en MARTÍNEZ-FREIRE, P. F. (ed), *Filosofía actual de la Ciencia*, Publicaciones de la Universidad de Málaga, Málaga, 1998, pp. 307-346.
- HALMOS, P. R., “Has Progress in Mathematics Slowed Down?”, *The American Mathematical Monthly*, v. 97, n. 7, (1990), pp. 561-588.

en último término la evolución del conocimiento matemático. Los cambios que propone conllevan reconocer que determinadas formas lingüísticas son matemáticamente valiosas para propósitos humanos, de modo que las matemáticas acaban identificadas como sucesiones de juegos de lenguaje —en la línea de la filosofía del segundo Wittgenstein y su insistencia en la diversidad de usos del lenguaje— que se anclan en formas que permiten hacer frente a problemas físicos, biológicos o sociales, que se consolidan como prácticas útiles al resolver problemas ya planteados o por ser divertidas e incluso estéticamente divertidas. Por tanto, el progreso se produce como respuesta a problemas que encontramos en la práctica vigente y las verdades se configuran como los elementos estables que han sobrevivido a una sucesión imprecisa de transiciones progresivas. Así que “la verdad ‘sucede’ a algunas ideas matemáticas” [“Truth ‘happens’ to some mathematical ideas”]¹⁰¹, de manera que, como Kitcher dirá en *Life After Faith*, “las fuentes de valor matemático resultan ser bastante diversas”¹⁰².

101. KITCHER, PH., *Preludes to Pragmatism. Toward a Reconstruction in Philosophy*, Oxford University Press, New York, NY, 2012, p. xxiv.

102. KITCHER, PH., *Life after Faith. The Case for Secular Humanism*, Yale University Press, New Haven, CT / Londres, 2014, p. 84.

- KITCHER, PH., "Fluxions, Limits and Infinite Littleness", *Isis*, v. 64, (1973), pp. 33-49.
- KITCHER, PH., "Kant and the Foundations of Mathematics", *The Philosophical Review*, v. 84, (1975), pp. 23-50.
- KITCHER, PH., "Bolzano's Ideal of Algebraic Analysis", *Studies in the History and Philosophy of Science*, v. 6, (1975), pp. 229-271.
- KITCHER, PH., "Hilbert's Epistemology", *Philosophy of Science*, v. 43, (1976), 99-115.
- KITCHER, PH., "The Plight of the Platonist", *Noûs*, v. 12, (1978), pp. 119-136.
- KITCHER, PH., "Frege's Epistemology", *The Philosophical Review*, v. 88, (1979), 235-262.
- KITCHER, PH., "A Priori Knowledge", *The Philosophical Review*, v. 89, (1980), pp. 3-23.
- KITCHER, PH., "Apriority and Necessity", *Australasian Journal of Philosophy*, v. 58, (1980), pp. 89-101.
- KITCHER, PH., "Arithmetic for the Millian", *Philosophical Studies*, v. 37, (1980), pp. 215-236.
- KITCHER, PH., "Mathematical Rigor—Who Needs It?", *Noûs*, v. 15, (1981), pp. 469-493.
- KITCHER, PH., *The Nature of Mathematical Knowledge*, Oxford University Press, Oxford, 1983.
- KITCHER, PH., *Vaulting Ambition. Sociobiology and the Quest for Human Nature*, MIT Press, Cambridge, MA, 1985.
- KITCHER, PH., "Mathematical Naturalism", en ASPRAY, W. y KITCHER, PH. (eds), *History and Philosophy of Modern Mathematics*, University of Minnesota Press, Mineápolis, MN, 1988, pp. 293-325.
- KITCHER, PH., "Mathematical Progress", *Revue internationale de philosophie*, v. 42, (1988), pp. 518-540.
- KITCHER, PH., *The Advancement of Science. Science Without Legend, Objectivity Without Illusions*, Oxford University Press, Oxford, 1993. [Versión española de ISLAS, H. y MANRÍQUEZ, L. *El avance de la ciencia: la ciencia sin leyenda, objetividad sin ilusiones*, UNAM, Instituto de Investigaciones Filosóficas, México, 2001].
- KITCHER, PH., "Second Thoughts", en GONZÁLEZ, W. J. (ed), *Scientific Realism and Democratic Society. The Philosophy of Philip Kitcher*, Rodopi, Ámsterdam / New York, NY, 2011, pp. 353-389.
- KITCHER, PH., "Epistemology Without History is Blind", *Erkenntnis*, v. 75, (2011), pp. 505-524.
- KITCHER, PH., *Preludes to Pragmatism. Toward a Reconstruction in Philosophy*, Oxford University Press, New York, NY, 2012.
- KITCHER, PH., "Mathematical Truth?", en KITCHER, PH., *Preludes to Pragmatism. Toward a Reconstruction in Philosophy*, Oxford University Press, New York, NY, 2012, pp. 166-191.
- KITCHER, PH., *Life after Faith. The Case for Secular Humanism*, Yale University Press, New Haven, CT / Londres, 2014.
- KITCHER, PH., "Reply to Rosen", en COUCH, M. y PFEIFER, J. (eds), *The Philosophy of Philip Kitcher*, Oxford University Press, New York, NY, 2016, pp. 38-44.
- KUHN, TH., *The Structure of Scientific Revolutions*, The University of Chicago Press, Chicago, IL, 3ª edición, 1996. [Versión española de SOLÍS SANTOS, C., *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de Cultura Económica, México, 3ª edición, 2006].
- POPPER, K. R., *Objective Knowledge*, Clarendon Press, Oxford, 1972. [Versión española de SOLÍS SANTOS, C., *Conocimiento objetivo*, Tecnos, Madrid, 1974].
- RESNIK, M. D., *Mathematics as a Science of Patterns*, Clarendon Press, Oxford, 1997.
- ROSEN, G., "Kitcher against the Platonists", en COUCH, M. y PFEIFER, J. (eds), *The Philosophy of Philip Kitcher*, Oxford University Press, New York, NY, 2016, pp. 14-38.
- STEWART, I., *Concepts of Modern Mathematics*, Penguin, Harmondsworth, 1981.
- THOM, R., "Modern Mathematics. Does it Exist?", en HOWSON, A. G. (ed), *Developments in Mathematical Education*, Cambridge University Press, Cambridge, 1973, pp. 194-212.
- THOM, R. ET ALII, "Responses to 'Theoretical Mathematics: Toward a Cultural Synthesis of Mathematics and Theoretical Physics', by JAFFE, A. and QUINN, F.", *Bulletin of the American Mathematical Society*, v. 30, n. 2, (1994), pp. 178-207.
- THOMAS, R., "An Update on the Four-Color Theorem", *Notices of the American Mathematical Society*, v. 45, n. 7, (1998), pp. 848-859.
- TYMOCZKO, TH., "The Four-Color Problem and its Philosophical Significance", *The Journal of Philosophy*, v. 76, (1979), pp. 57-83; reimpresso en TYMOCZKO, TH. (ed), *New Directions in the Philosophy of Mathematics*, Revised and Expanded Edition, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1998, pp. 243-266.
- TYMOCZKO, TH., "Mathematics, Science and Ontology", *Synthese*, v. 88, (1991), pp. 201-228.
- WOODIN, W. H., "Large Cardinal Axioms and Independence: The Continuum Problem Revisited", *The Mathematical Intelligencer*, v. 16, n. 3, (1994), pp. 31-35.
- ZEILBERGER, D., "Theorems for a Price: Tomorrow's Semi-rigorous Mathematical Culture", *The Mathematical Intelligencer*, v. 16, n. 4, (1994), pp. 11-18.

De cómo la Tecnología se hizo Ley. El Gobierno de la Red como modelo tecnopolítico del futuro cercano

How Technology became Law. The Network Government
as a technopolitical model of the near future

Enrique Alonso

Universidad Autónoma de Madrid (España)
E-mail: enrique.alonso@uam.es

Resumen: El tema de la gobernanza de la red es actualmente uno de los mayores problemas que se pueden abordar en la sociología de las comunicaciones. Desde el lanzamiento de ArpaNet en 1969 y hasta su desmantelamiento a mediados de la década de 1980, Internet fue el proyecto personal de un grupo no muy grande que tuvo la rara oportunidad de poner sus sueños en práctica. Hasta mediados de la década de 1980, la Red permaneció bajo el control de la academia, mientras que el ejército jugó un papel cada vez menor y cortó las relaciones con la red civil en 1983. Pero esta fue la era de desregulación promovida vigorosamente por las administraciones de Reagan y Thatcher. Como resultado, encontramos cuatro capas de gobernanza: cable, administrado por operadores telefónicos en un contexto de libre mercado, sin reguladores con una capacidad real para actuar como intermediarios; el código de bajo nivel, gestionado dentro de la cultura de un *hacker* tradicional por el IETF bajo el paraguas de ISOC; dominios y números operados por ICANN y cuyas inmensas ganancias a veces se hacen bajo criterios cuestionables; y finalmente, el W3C creado por Berners-Lee para controlar el destino de la herramienta más popular en Internet, el contenido de *www*. Parece claro que no hay una sola persona responsable de la red en última instancia. El sistema de gobierno que controla el Internet se conoce como el modelo de múltiples partes interesadas. En este momento debemos reconocer que la herramienta más poderosa de la sociedad contemporánea, la Red, está en manos de grupos que están más allá del control de los recursos tradicionales de la sociedad civil.

Palabras clave: filosofía de la tecnología, sociedad de la información, teoría política.

Abstract: The issue of network governance is currently one of the biggest problems that can be addressed in the sociology of communications. Since the launch of ArpaNet in 1969 and until its dismantling in the mid-1980s, the Internet was the personal project of a not very large group who enjoyed the rare opportunity to put their dreams into practice. Until the mid-1980s, the Net remained under the control of academia, while the military played a dwindling role and severed relations with the civil network in 1983. But this was the era of deregulation promoted vigorously by the Reagan and Thatcher administrations. As a result we find four governance layers: cable, managed by telephone operators in a free market context, without regulators with a real capacity to act as intermediaries; the low-level code, managed within a traditional hacker's culture by the IETF under the umbrella of the ISOC; domains and numbers operated by ICANN and whose immense profits are sometimes made under questionable criteria; and finally, the W3C created by Berners-Lee to control the fate of the most popular tool on the Internet, the *www* content. It seems clear that there is no single person ultimately responsible for the network. The system of government that rules the Internet is known as the multi-stakeholders model. At present we must recognize that contemporary society's most powerful tool, the Net, is in the hands of groups beyond the control of civil society's traditional resources.

Keywords: philosophy of technology, information society, political theory.

1. La tesis del segundo plano

La cuestión que me propongo analizar se puede expresar de forma extremadamente simple en los siguientes términos: ¿quién es el responsable máximo del gobierno de la Red? Y como muchas otras preguntas de fácil enunciación, no tiene una respuesta evidente, lo que no hace sino añadirle interés. Ese vasto entramado al que llamamos la *Red* tiene una antigüedad suficiente como para que este tipo de dudas tengan ya alguna respuesta más o menos consensuada, sin embargo no es así. Sorprende de hecho la poca información que sus usuarios finales tienen a este respecto. De alguna forma suponen que se trata de algo que ya ha sido planteado y resuelto en las instancias correspondientes y por lo que el ciudadano común no tiene que preguntarse. Y sin embargo no es así, de eso estoy bastante seguro.

Esa tranquilidad con la que muchos dan por supuesta la existencia de un gobierno de la Red, aunque no sepan cuál, contrasta con la importancia que al mismo tiempo conceden a la Red como elemento conformador del presente. Sabemos que ha transformado sustancialmente nuestros hábitos, relaciones laborales e incluso nuestras capacidades cognitivas y sin embargo no tenemos claro quién o quienes han pilotado ese proceso. Este peculiar desequilibrio no habla especialmente bien de nuestra responsabilidad e interés por aquellos asuntos que más directamente nos afectan, pero no hablaré de ello ahora, no está en mi ánimo regañar a nadie por la forma en que elige sus inseguridades y sus certezas. El asunto del gobierno de la Red es en estos momentos uno de los mayores problemas que se pueden abordar en Sociología de la comunicación pero también en Teoría política y ello por no hablar de la Filosofía de la Tecnología, donde se enmarcan mayoritariamente este tipo de estudios. Las instituciones y dinámicas que más se parecen a su sistema de gobierno han nacido de procesos nuevos o que de alguna manera repiten formatos que ya fueron ensayados en otras revoluciones previas, como la propia *Revolución Industrial*.

El origen remoto de la Red se encuentra en el esfuerzo bélico que da lugar a la Guerra Fría, esta es una cuestión innegable que a menudo ha sido malinterpretada. Dice la *leyenda urbana* que el sistema físico de cables y nodos que compone la Red fue programado por instancias militares y científicas estadounidenses como una forma de garantizar el mantenimiento de las comunicaciones en caso de un enfrentamiento nuclear a gran escala. Eso explicaría, por ejemplo, la forma o topología¹ que ahora tiene y que recuerda en mucho a una tela de araña repetida

1. Topología que recibe el nombre de *scale free net*.

una y otra vez a partir de un número variable de centros o nodos. Esa ausencia de un centro reconocible como nodo principal se explicaría, desde la leyenda urbana, como una forma de evitar una debilidad en caso de ataque. Si no hay un control central, los objetivos se diluyen haciendo así mucho más difícil afectar a la capacidad global del sistema².

Pese a que es cierto que la Red no se explica sin la Guerra Fría, el tipo de relación que se acaba de describir no se ajusta a los hechos brutos. La URSS se había convertido en potencia nuclear en el verano de 1949 y tan solo ocho años más tarde había conseguido poner en órbita el primer satélite no tripulado, el Sputnik I, que circunvaló la Tierra sobrevolando territorio americano. El mensaje no podía ser más claro: la tecnología no es ya solo la opción de los Estados Unidos frente a la fuerza de los números y la disciplina política del bando soviético. Ellos también controlan las nuevas tecnologías y son capaces de adelantarse incluso al progreso americano comprometiendo su seguridad. El mismo año que el Sputnik I es puesto en órbita, EEUU reacciona con lo que es el primer programa de I+D de la era moderna: la NDEA, una ley de largo alcance destinada a atraer la investigación del sector privado y académico hacia los intereses estratégicos de la nación³.

Más que un proyecto concreto, lo que la NDEA representaba era una nueva forma de colaboración entre científicos y militares destinada a superar el retraso tecnológico acumulado tras la desmovilización al término de la Segunda Guerra Mundial. Siguiendo sus directrices y apoyo financiero se crean numerosas agencias entre las cuales va a destacar (D)ARPA⁴, primero como una entidad orientada al programa espacial y más adelante como un organismo centrado en el programa de misiles nucleares y en las telecomunicaciones. De este último apartado se ocupaba específicamente la IPTO⁵ que tuvo bajo su responsabilidad directa las primeras decisiones que llevan a crear la Red.

Las primeras etapas de la Guerra Fría fueron muy distintas para los dos grandes contendientes. Mientras que la URSS recuperaba la tradición imperial y expansionista de la era zarista sin especiales dificultades, EEUU se veía representando un papel de superpotencia mundial para el que no se sentía preparado, el menos no en lo ideológico. Al mismo tiempo que intervenía abiertamente fuera de sus fronteras, primero con el puente aéreo sobre Berlín en

2. La capacidad para rehacerse tras un revés recibe en la actualidad el nombre de *resiliencia* y es esto lo que habría sido buscado por los creadores de la Red según la leyenda urbana.

3. La NDEA fue promulgada el 2 de septiembre de 1958.

4. *Defense Advanced Research Projects Agency*.

5. *Information Processing Techniques Office*.

el verano de 1948 y luego en la Guerra de Corea –1950-53– tendía a considerarse a salvo en su continente fuera del alcance de sus enemigos potenciales. Su opción era por tanto la de la *Defensa estratégica*, es decir, una correcta anticipación a los planes del enemigo que le permitiera repeler cualquier ataque contra su territorio mucho antes de que llegara a él. Bajo esta perspectiva el desarrollo de un buen sistema de comunicaciones capaz de adoptar decisiones de forma automática o semiautomática se vuelve fundamental. Tras la humillación del Sputnik I, parte del esfuerzo militar se deposita en (D)ARPA creada en 1958 bajo el influjo general de la doctrina de la Defensa Estratégica. Pero la creciente carrera armamentística impulsada desde la Unión Soviética deja poco margen a la experimentación. La posibilidad de blindar el territorio a un ataque nuclear con misiles balísticos intercontinentales resulta cara y remota, y ni el dinero ni el tiempo sobran. La crisis de los misiles de Cuba en 1962 lleva a que las tesis de Robert McNamara, Secretario de Defensa durante ese periodo, triunfen haciendo que la Doctrina de la Destrucción mutua asegurada⁶ se convierta en la opción en primer plano. Resulta mucho más barato construir misiles que disuadan al enemigo que blindarse de forma efectiva.

La Defensa Estratégica pasa a convertirse en una opción en segundo plano, una especie de *second best*, cuya gestión se encarga en 1962 a la IPTO⁷, una oficina relativamente independiente aunque bajo el paraguas de DARPA. Al frente de esta oficina se sitúa a J. C. R. Licklider con el propósito, entre otras cosas, de promover la interconexión de ordenadores operativos en diversos centros de interés estratégico. La primera conexión efectiva se produce en 1969 dando lugar con el tiempo al germen de la Red actual, ArpaNet. La IPTO desarrolló un modelo de trabajo que en parte explica algunas de las decisiones críticas que conformaron la estructura de gestión y gobierno de la Red. Pese a estar integrada en el esfuerzo bélico de la Guerra Fría, su permanencia en segundo plano le permitió una libertad de acción y unos tiempos que no tuvieron, por ejemplo, aquellos científicos y tecnólogos que trabajaban en todo lo relacionado con los misiles balísticos. Ellos sí estuvieron sometidos a tensiones más propias de la administración militar que de la civil, pero esto no ocurrió con la IPTO y por tanto con Internet.

“La organización DARPA es tan singular como su labor: informar directamente al Secretario de Defensa y funcionar en coordinación con, pero de una manera totalmente independiente de, la institución de investigación y desarrollo (I+D) del ejército. Siempre ha sido esencial un apoyo sólido de la dirección superior

del Departamento de Defensa, puesto que DARPA se diseñó para ser un contrapeso de la estructura tradicional de I+D del ejército, y, de hecho, para ser un contrapunto para los enfoques y las opiniones tradicionales”⁸.

Esa libertad se transmitía a los grupos de trabajo operativos dentro de la IPTO que gozaban así de una gran autonomía en la forma de organizar su tiempo y exponer sus resultados. Esos grupos estaban formados por científicos a menudo recién graduados que eran fichados por un periodo variable para la ejecución de un proyecto concreto. La IPTO rechazó siempre contar con una plantilla de empleados fija. La experiencia obtenida por los que se integraron en sus filas bastaba después para obtener puestos de relevancia tanto en la academia como en la industria civil.

Esta es la auténtica historia del origen militar de la Red. Fue un proyecto alimentado dentro del esfuerzo bélico, de eso no cabe duda, y por tanto nunca le faltó presupuesto, pero se le permitió una libertad que solo se explica por pertenecer a una doctrina que había quedado en *segundo plano*, la de la Defensa estratégica.

2. Desregulación

Desde la puesta en marcha de ArpaNet en 1969 hasta su desarticulación a mediados de la década de 1980, la Red fue el proyecto personal de un colectivo no muy numeroso que disfrutó de la rara oportunidad de llevar sus sueños a la práctica. Licklider, Vinton Cerf, Steve Crocker, Jon Postel o Rob Taylor son solo algunos de ellos. Eran tecnólogos, pero también *hombres de ideas* y sobre todo supieron interpretar las posibilidades de las tecnologías de la información de formas que muy poca gente era capaz de vislumbrar en esa época.

La forma de organizar la gestión de la Red se dejó a grupos de trabajo que publicaban sus normas y directrices bajo una fórmula peculiar, las RFC, *Request for Comments*. Aunque en apariencia se presentaban como simples borradores o propuestas de trabajo, las RFC eran auténticas leyes con capacidad normativa. “El cometido del IETF es producir documentos de gran calidad e importancia técnica y de construcción que influyan la manera como la gente diseña, usa y gestiona Internet de forma que lo haga funcionar mejor. Estos documentos incluyen normas de protocolo, las mejores prácticas actuales y documentos informativos de varios tipos”⁹.

8. Committee on environmental information for naval use et al. (2003): Environmental information for naval warfare, p. 190 [en línea]. En: <https://www.nap.edu/catalog/10626/environmental-information-for-naval-warfare>. [Consultado: abril 2016].

9. RFC archive, p. 1 [en línea]. En: <http://www.rfc-editor.org>.

6. Conocida por el acrónimo MAD, *Mutual assured destruction*.

7. Su primer director fue precisamente J. C. R. Licklider.

El nombre tan aparentemente conciliador otorgado a las RFC se debía al hecho de que muchos de los que firmaban este tipo de documentos eran recién graduados con escasa autoridad moral para imponer nada a nadie. Pero lo cierto es que tampoco existía una institución o colectivo que sí la tuviera. Poco a poco los grupos de trabajo fueron acumulando RFC bajo la atenta labor de edición y difusión de Jon Postel hasta que el tiempo les concedió la autoridad de que carecían. El mayor acto de fuerza llevado a cabo por este colectivo y del que hablaré en breve, explica bastante bien el origen de su poder.

Las RFC estaban dedicadas con frecuencia a exponer lo que en el lenguaje técnico se denomina *protocolo*. Un protocolo no es sino una colección de convenciones acerca de la mejor forma de manejar un intercambio de información. Los *Working Groups* de Internet fueron los directamente implicados en el enfoque del problema más acuciante en los primeros momentos de la Red: determinar la mejor forma de integrar equipos de arquitecturas muy diversas pertenecientes a instituciones relativamente independientes unas de otras. La forma que se encontró fue elaborando un protocolo, el TCP/IP¹⁰, orientado a lograr que una red física muy elemental soportara intercambios de datos entre múltiples nodos de forma simultánea. El detalle técnico no importa ahora, basta entender que se trataba de una forma de optimizar el intercambio de datos entre nodos muy distintos y entre los que resultaba imposible establecer relaciones jerárquicas.

La primera acción que permite apreciar la importancia de la gestión del *código*¹¹ en la Red tuvo lugar entre 1982-83 cuando los gestores de ArpaNet anuncian que solo permitirán conexiones basadas en el protocolo TCP/IP. El 1 de enero de 1983, conocido como el *Flag Day*, fue la fecha elegida. "El Departamento de Defensa ha adoptado hace poco el concepto de 'internet', y, en particular, los protocolos IP y TCP como normas amplias para todas las redes de paquetes de datos del Departamento de Defensa y se convertirá a esta arquitectura en los próximos años. Todas las nuevas redes de paquetes de datos del Departamento de Defensa usarán estos protocolos de modo exclusivo [...] El objetivo es hacer un cambio total desde NCP a IP/TCP el 1 de enero de 1983. Es la tarea de cualquier servidor poner en marcha el IP/TCP para sus propios servidores. Esta tarea de puesta

en marcha debe comenzar el 1 de enero de 1982"¹².

La medida puso de manifiesto que con independencia del soporte material de la Red, es decir, el cableado físico, existía una capa, la de los protocolos, que había pasado a convertirse en un componente crítico de los nuevos tiempos. La decisión tuvo éxito y pudo llevarse a cabo por la fuerza de los hechos y los números. Aunque existían otras redes en otras partes del mundo basadas en otros protocolos, sobre todo en Europa, siempre prolífica en la expresión de las diferencias, la interconexión con ArpaNet era, simplemente por tamaño, una condición necesaria para su funcionamiento. Todas aceptaron las condiciones impuestas entonces por el socio mayoritario.

Hasta mediados de la década de 1980, la Red se mantuvo bajo el control de los medios académicos con una importancia menguante del sector militar, que se segrega de la red civil en 1983. Pero es la época de la desregulación impulsada enérgicamente por los gobiernos neoliberales de Reagan y Thatcher. Uno de los sectores más afectados por este proceso económico y político fue el mercado de las telecomunicaciones. Las empresas ligadas al sector público, allí donde aún existían, iniciaron procesos de privatización y las grandes compañías, como la Bell, fueron troceadas para garantizar marcos de competencia más igualitarios. ArpaNet fue transferida a la NSFNet bajo el control de la *National Science Foundation* con el claro objetivo de pilotar el proceso de privatización del soporte material de Internet. En torno a 1995 y en medio de multitud de polémicas por el trato preferente recibido por algunas operadoras, la NSFNet cesa en sus funciones de organismo regulador del cable dejando en manos de las compañías de telefonía la gestión de los nodos y los acuerdos de tránsito entre redes. Para ese entonces Internet había dado ya el salto al sector doméstico iniciando el cambio que ahora nos toca explicar.

Mientras que la gestión del cable se convierte en objeto de disputa en un mercado desregulado, el control del código sigue una senda muy distinta, quizá porque la industria era aún ingenua ante el poder de las *palabras*. Los grupos de trabajo que se habían venido ocupando de producir el código de la Red, las RFC, estaban supervisados por expertos que pronto apreciaron la necesidad de reaccionar ante el nuevo curso de los acontecimientos. Pese a que muchos de los protocolos heredados por las operadoras privadas eran ya difícilmente removibles, siempre cabía la posibilidad de que el sector privado quisiera abrir guerras comerciales o blindar sus productos bajo patentes. Para proteger una dinámica de trabajo altamente valorada

[Consultado: diciembre 2017].

10. *Transmission Control Protocol e Internet Protocol*. Véase RFC-655 archive, p. 1 [en línea]. En: <http://www.rfc-editor.org>. [Consultado: diciembre 2017].

11. LESSIG, L., *Code:Version 2.0*. [en línea]. En: <http://codev2.cc/download+remix/Lessig-Codev2.pdf>. Revisión 2006.

12. RFC-801 archive, p. 1 [en línea]. En: <http://www.rfc-editor.org>. [Consultado: diciembre 2017].

por la comunidad de tecnólogos ligados a Internet, se crea en 1986 el IETF¹³ con el único fin de dotar de un paraguas efectivo a los *working groups*.

“La Presidencia inauguró la reunión anunciando que el orden del día había cambiado de modo sustancial por los hechos recientes. El más importante era la excepcional desaparición del *Algorithm Gateway and Data Structures Task Force* (GADS) y la creación de dos nuevos cuerpos especiales en su lugar: el *Internet Engineering Task Force* (IETF) y el *Internet Architecture Task Force* (INARC). El INARC se centrará en temas de investigación a largo plazo y en la presidencia continuará Dave Mills. La IETF se centrará en problemas operativos a corto plazo y será presidido por Mike Corrigan. Las actas constitutivas propuestas para estos nuevos grupos se incluyen junto a estos informes”¹⁴.

Es importante entender que el modelo seguido para proteger la cuota de poder e influencia del colectivo que hasta entonces se había ocupado de la gestión de la Red no fue crear una estructura a partir de la nada, sino generar una superestructura que permitiera proteger el trabajo ya desarrollado ante unos nuevos interlocutores procedentes de una cultura muy distinta, los mercados en este caso.

Esta operación de *patronazgo* se repetiría pocos años después con la creación de la ISOC¹⁵ en 1991. Para entonces era más que evidente que los intereses económicos habían entrado en la pugna por el control de Internet. Hacía falta algo más que un mero soporte estratégico para los grupos de trabajo. Era preciso una organización de alcance global capaz de sentarse a hablar con las operadoras de telefonía, con los organismos multinacionales implicados en el mercado de las telecomunicaciones, con administración, la estadounidense, se entiende, con las empresas y con la academia. Ese fue, y sigue siendo el propósito de la ISOC y para hacerse valer retuvo para sí el potencial normativo de la IETF, convenientemente acogida en su estructura, y a la que sostiene con su apoyo y protección.

El transcurso de la década de 1990 dio lugar al resto de las organizaciones que hoy se ocupan de la Red y de las que hablaré más adelante, pero fue también el escenario de una serie de operaciones especulativas, la denominada *burbuja dotcom*, que puso en evidencia las dificultades de la economía tradicional para entender los mecanismos y tendencias de la era de la información. El tiempo ha ido poniendo a cada uno en su lugar y los mercados han aprendido una lección que no parecen dispuestos a olvidar.

13. *Internet Engineering Task Force*.

14. Gross, P., *Proceedings of the 16-17 Gateway January 1986 DARPA Algorithms and Data Structures Task Force* Virginia, 1986, p. 11.

15. Internet Society.

3. Las capas de gobernanza

Otro de los asuntos que había tenido ocupada a la comunidad de tecnólogos a cargo de Internet desde hacía tiempo era la mera gestión de las direcciones de las máquinas que operaban en la Red. Mientras estas no fueron muy numerosas la tarea fue llevada de una forma casi artesanal quedando de nuevo como responsable inmediato Jon Postel. En torno a 1988 se funda la IANA como una forma de visualizar esa necesidad y se empieza a elaborar un listado de direcciones que conecta la descripción numérica de un equipo –su IP– con un nombre humanamente reconocible, su DNS. Esta tarea empieza a adquirir valor estratégico cuando a mediados de la década de 1990 la Red entra en un proceso de crecimiento exponencial impulsado por las compañías privadas de telefonía que ven en ello un sector de mercado de creciente demanda. Se empieza a pujar por las IP disponibles en cada ámbito, así como por el registro de las correspondientes DNS, una tarea fácil en principio pero imprescindible para la correcta operación de la Red. En 1998 la IANA es absorbida por un organismo plurinacional de largo alcance, la ICANN, que a partir de entonces se ocupa de la administración de los registros de dominios. Estos registros, como casi cualquier otro tipo de registro, empieza a generar unos cuantiosos ingresos que llevan a la ICANN a ocupar una posición estratégica dentro de la estructura de gobierno.

La última organización que forma parte de la estructura de gobierno de la Red es la que se ocupa del código en que se componen las páginas web. Mucha gente confunde la Red con la Web, algo totalmente comprensible, pero que puede llevar a errores y confusiones menores. La Red puede ser definida como el conjunto de todas las máquinas conectadas por redes físicas de los tipos más diversos que pueden intercambiar datos a través del protocolo IP. La Web, por contra, es la colección de todos los documentos que respetan la estructura básica del documento HTML y que se encuentran alojados en alguna máquina conectada a la Red. La historia de Berners-Lee¹⁶ y la creación del HTML es bien sabida y no entraré en ella. Sí es relevante aclarar que este estándar fue propuesto por sus creadores como una RFC, la RFC-1866, lo cual equivalía a renunciar a los derechos de *copyright* que hubiera supuesto su registro en una oficina de patentes. Al proceder de ese modo, Berners-Lee perdía el control económico sobre la explotación de su invento, pero generaba indirectamente un estándar con una capacidad de crecimiento que ni los más

16. FISCHETTI, M. y BERNERS-LEE, T., *Weaving the Web: The Original Design and Ultimate Destiny of the World Wide Web by its Inventor*, Harper, San Francisco, 1999.

optimistas podían imaginar. Las tensiones producidas por las guerras entre navegadores, es decir, el software capaz de interpretar documentos html, aconsejó crear un organismo independiente ocupado de promover el avance del HTML en un contexto de equilibrio de intereses. Esta es la idea que lleva a Berners-Lee a promover la creación del W3C en 1994 y a convertirla en otro de los referentes para el gobierno de la Red.

En total se trata de cuatro capas y cuatro entramados de poder tejidos a su alrededor: el cable o soporte físico, gestionado por las operadoras de telefonía en un contexto de libre mercado sin reguladores con capacidad real para actuar de intermediarios; el código de bajo nivel, gestionado con criterios tradicionales por la IETF bajo el paraguas de la ISOC; los nombres y dominios de los que se ocupa la ICANN y cuyo inmenso negocio gestiona con criterios a veces discutibles; y finalmente la W3C creada por Berners-Lee para controlar el destino de la herramienta más popular de la Red, el contenido *www*¹⁷.

La primera cuestión que hay que analizar es de qué forma se organizan estos centros de poder para poner en práctica sus decisiones. El modelo no siempre es el mismo, porque cada capa tiene su historia y su forma particular de organización, pero existen similitudes que sí merecen comentario.

Las operadoras de telefonía son a buen seguro las que más fielmente representan el modelo del capitalismo dejado al mero control de las dinámicas del libre mercado. Antes de la desregulación la ITU –International Telecommunications Union¹⁸– aún podía ejercer algún tipo de mediación gracias a disponer de la facilidad para establecer el sistema internacional de tarificación. Eso es algo de lo que ya no dispone en la actualidad habiéndose convertido en una organización internacional dependiente de la ONU encargada de organizar poco más que eventos, bautizos y comuniones. Las grandes operadoras son las encargadas de establecer sus acuerdos de tránsito dependiendo de la presencia que tengan en cada territorio, algo tan simple como antiguo.

El resto de organizaciones muestran un modelo algo más estructurado. Con ello quiero decir que no responden exclusivamente a las dinámicas de mercado sino que intentan cohesionar intereses dependiendo del peso relativo de cada cual. La ISOC¹⁹ se jacta de mantener la independencia y el antiguo estilo de los grupos de trabajo, pero en su estructura de gobierno da

entrada a una multitud de organizaciones y empresas en las que deposita la tarea de fijar las directrices que se encargarán luego a los grupos de trabajo. Algo similar ocurre en la ICANN²⁰ y la W3C²¹. Todas ellas cuentan con un sistema de afiliación institucional que tiene un coste variable dependiendo del tipo de control que suministra a los socios que lo solicitan. Este coste no se mueve dentro de los márgenes que puede permitirse un particular –en ocasiones puede suponer bastantes miles de dólares por año– sino que está claramente dentro de lo que una empresa mediana o una gran corporación puede invertir como parte de sus inversiones en desarrollo. Y es eso mismo lo que se refleja luego en el sistema de gobierno de estas instituciones. Si nos fijamos en los tipos de entidades que integran estos órganos de gobierno, podemos encontrar al menos las siguientes tipologías: agentes que actúan como representantes de ciertas administraciones, la americana principalmente, pero también algunos organismos multinacionales con poder en otros foros: Universidades y centros de investigación. Normalmente solo aquellos que tienen un fuerte apoyo financiero o que han optado de forma estratégica por pertenecer a alguno de estos foros acaban haciendo la inversión correspondiente: Empresas del sector de las telecomunicaciones y la seguridad; Empresas de software; y, por último, algunos de los grandes agentes de la Red, como Google, Facebook, etc. A esto se añaden los representantes que cada una de las organizaciones de las que hemos hablado tienen a bien enviar a las restantes en calidad de oficiales de enlace.

Y este es el presente de la Red y para muchos expertos, su futuro a medio plazo.

4. *Multistakeholders*

Todo parece indicar que ya deberíamos estar en condiciones de responder la pregunta con que se iniciaba este artículo, a saber, ¿quién gobierna la Red? Parece claro que no hay una persona, un responsable último de la Red, algo así como el director general del organismo al cargo. Quizá porque como ya hemos visto no existe una organización tal. La gestión de la Red se divide en al menos cuatro capas cuya definición tampoco ha sido pactada en una especie de acto fundacional, sino que es más bien fruto de la historia y de las tensiones de las partes que en su momento tuvieron responsabilidad sobre las decisiones críticas. Las relaciones entre los organismos que comandan cada una de estas capas están basadas en equilibrios

17. ALONSO, E., *El Nuevo Leviatán. Historia Política de la Red*, Díaz & Pons Editores, Madrid, 2015.

18. ITU [en línea]. En: <http://www.itu.int>. [Consultado: diciembre 2017].

19. ISOC [en línea]. En: <http://www.internetsociety.org>. [Consultado: noviembre 2017].

20. ICANN [en línea]. En: <https://www.icann.org/resources/>. [Consultado: enero 2017].

21. W3C [en línea]. En: <http://www.w3.org/Consortium/mission>. [Consultado: enero 2017].

de fuerza y en acuerdos de conveniencia. En ocasiones no son fáciles pero por lo general rara vez llevan al conflicto.

Una de las cuestiones que más llama la atención es la ausencia de mecanismos explícitos que sometan este sistema de gobierno al control de los gobiernos y organismos internacionales. Ha habido ciertos intentos de intervenir en esta dirección, sobre todo tras el estallido de ciertos casos de espionaje, pero han sido rápidamente neutralizados apelando a la protección de las leyes del libre mercado e incluso a principios del máximo nivel como la libertad de expresión y la libre circulación de las ideas. Lo cierto es que el control estatal, en aquellos casos que existe, como China, Irán, etc no sirve precisamente para fomentar las libertades civiles, pero tampoco es tranquilizador fiar el control de algo tan poderoso como la Red a intereses que escapan al control democrático. Se podría aducir que la sociedad civil está representada a través de asociaciones de usuarios y otros medios públicos que transmiten la legitimidad democrática, pero en definitiva es un pobre argumento. El grado de representación adquirido por esas vías es infinitamente menor que el que poseen las empresas e intereses privados. En el mejor de los casos la *democracia* representativa solo supone un voto más en los consejos decisorios y no en todos ellos ni en los más importantes.

El sistema de gobierno que rige la Red es lo que se suele denominar modelo de gestión de las *partes mutuamente interesadas* –multistakeholders–. Es un mecanismo común que no surge precisamente en la era digital sino que viene de atrás y está ligado por lo general a ámbitos de la actividad económica muy especializados y sensibles para la sociedad civil. La energía, las comunicaciones, el transporte, son ejemplos de este modelo. Sin embargo, en todos

estos casos existen organismos reguladores que están supeditados y controlados por la sociedad civil a través de sus instituciones. La novedad en el caso de la Red es la adopción de este modelo con pocas o muy pocas herramientas de control público. Esta novedad solo se explica teniendo en cuenta que las instituciones clave en el Gobierno de la Red surgen en medio del gran proceso de desregulación que afectó al mundo desarrollado en la década de 1990.

Puede argumentarse que este sistema de gobierno dejado al control de las partes mutuamente interesadas y sus equilibrios, es lo que propiamente corresponde a un ámbito tan complejo como la gestión de la Red. Sin embargo, esta respuesta solo evita la cuestión. Nadie pretende llegar al punto de votar soluciones técnicas determinadas del mismo modo que nadie pretende discutir en asambleas populares los diagnósticos médicos, lo que no supone ni mucho menos que el ejercicio de la Medicina, sus criterios y financiación no sea un asunto público de la máxima relevancia. Es obvio que lo es.

Esta es la situación a fecha de hoy y no hay nada que parezca indicar que vaya a cambiar sustancialmente en las próximas décadas. Hemos de reconocer que el elemento transformador más poderoso de los tiempos actuales se encuentra en manos de grupos de poder que escapan al control de los recursos tradicionales de la sociedad civil²². Puede ser que en el futuro esta situación se corrija, pero también podría ser como algunos nos tememos, que este modelo se extienda a otros ámbitos del gobierno de las sociedades avanzadas, porque en definitiva, ¿qué asunto no incluye un fuerte componente técnico en las complejas sociedades del siglo XXI?

22. Véase ALONSO, E., *La Quimera del Usuario*, Abada Editores, Madrid, 2012, cap. 3.

Bibliografía

- ALONSO, E., *La Quimera del Usuario*, Abada Editores, Madrid, 2012.
- ALONSO, E., *El Nuevo Leviatán. Historia Política de la Red*, Díaz & Pons Editores, Madrid, 2015.
- Committee on environmental information for naval use et al. (2003): Environmental information for naval warfare, p. 190 [en línea]. En: <https://www.nap.edu/catalog/10626/environmental-information-for-naval-warfare>. [Consultado: abril 2016].
- FISCHETTI, M. y BERNERS-LEE, T., *Weaving the Web: The Original Design and Ultimate Destiny of the World Wide Web by its Inventor*, Harper, San Francisco, 1999.
- GROSS, P., *Proceedings of the 16-17 Gateway January 1986 DARPA Algorithms and Data Structures Task Force*, The Mitre Corporation, Mc Lean, Virginia, 1986.
- ICANN [en línea]. En: <https://www.icann.org/resources/>. [Consultado: enero 2017].
- ISOC [en línea]. En: <http://www.internetsociety.org>. [Consultado: noviembre 2017].
- ITU [en línea]. En: <http://www.itu.int>. [Consultado: diciembre 2017].
- LESSIG, L., *Code:Version 2.0*. [en línea]. En: <http://codev2.cc/download+remix/Lessig-Codev2.pdf>. Revisión 2006.
- RFC archive [en línea]. En: <http://www.rfc-editor.org>. [Consultado: diciembre 2017].
- w3c [en línea]. En: <http://www.w3.org/Consortium/mission>. [Consultado: enero 2017].