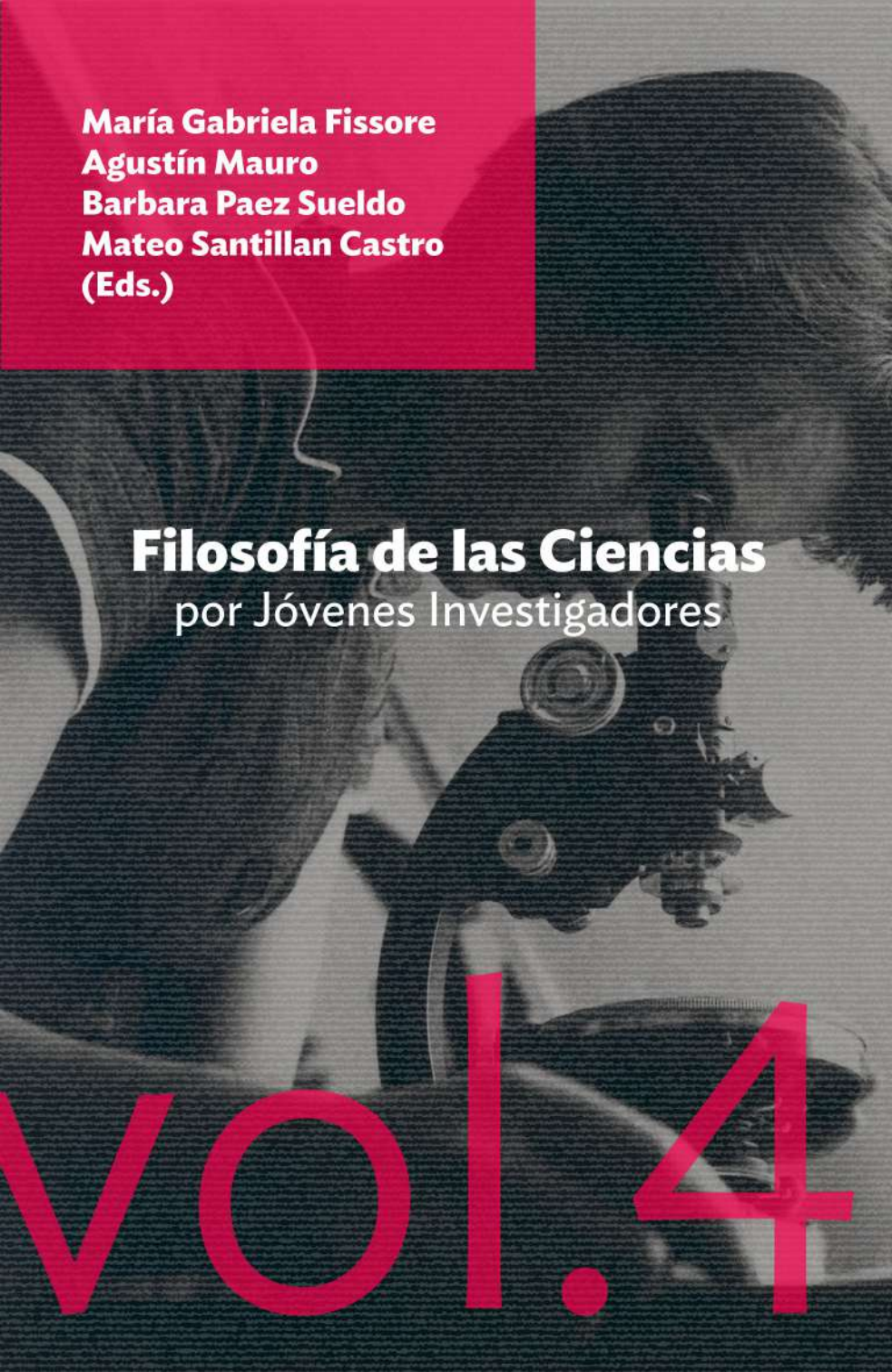




**María Gabriela Fissore
Agustín Mauro
Barbara Paez Sueldo
Mateo Santillan Castro
(Eds.)**

Filosofía de las Ciencias por Jóvenes Investigadores

vol. 4

Filosofía de la Ciencia por Jóvenes Investigadores vol. 4

María Gabriela Fissore
Agustín Mauro
Barbara Paez Sueldo
Mateo Santillan Castro
(Eds.)

Colecciones
del CIFYH



Filosofía de la Ciencia por jóvenes investigadores vol. 4 / Matías Giri... [et al.]; editado por María Gabriela Fissore ... [et al.]. - 1a ed. - Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Filosofía y Humanidades, 2023.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-33-1766-2

1. Filosofía de la Ciencia. I. Giri, Matías. II. Fissore, María Gabriela, ed.

CDD 121

Publicado por

Área de Publicaciones de la Facultad de Filosofía y Humanidades - UNC

Córdoba - Argentina

1º Edición

● ●
Área de
Publicaciones

Lxs editorxs de este volumen agradecen a los miembros de la Carrera de Personal de Apoyo del IDH-CONICET –Federico Mina, Cecilia Martínez y Julián Reynoso– por la colaboración recibida.

Correctores técnicos: Ignacio Heredia y Tomás Siac

Diagramación y diseño de portadas: María Bella

2023



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional.



Cambio teórico e instrumental en neurobiología de la memoria

Francisco Elías Moreno*

1. Introducción

Las investigaciones acerca de la memoria han ocupado un lugar destacado en el interior de la neurociencia. Uno de los filósofos que centra sus análisis en ellas es John Bickle (2016, 2018, 2019, 2021). En sus libros y artículos analiza problemas como la reducción, la explicación y, más recientemente, las revoluciones científicas y el desarrollo de instrumentos y técnicas experimentales. En una crítica anti-teoricéntrica, propone que los instrumentos y las técnicas unilateralmente producen las revoluciones neurocientíficas, mientras que la teoría tiene un lugar terciario y totalmente dependiente de la construcción o uso novedoso de aquellos.

A diferencia de Bickle, la tesis de este trabajo afirma que el cambio en neurociencias puede producirse en distintos elementos de las prácticas científicas de estas disciplinas y, según cuáles sean los objetivos de los experimentos que producen estos cambios, las relaciones entre instrumentos y teorías varían. Cuando se trata de confirmar, precisar o ampliar una hipótesis preexistente, el desarrollo o uso novedoso de instrumentos y técnicas experimentales resulta fundamental, mientras que elementos teóricos ocupan un lugar secundario; cuando se trata de postular nuevas hipótesis, elementos teóricos como la transformación de los conceptos implicados y el desarrollo de hipótesis contrastables y comparables son centrales, y la innovación en instrumentos o técnicas es secundaria. Esto lleva a pensar en la necesidad de elaborar una noción de cambio neurocientífico que contemple la alteración y la permanencia de los diferentes elementos sin determinación unilateral, es decir, que no se restrinja exclusivamente al ámbito teórico o al instrumental.

Para argumentarlo, primero describiré la hipótesis de consolidación de la memoria, la predominante hasta principios de este siglo y que Bickle

* FP, UNC.

Mail de contacto: francisco.elias.moreno@mi.unc.edu.ar

acepta implícitamente. Luego reconstruiré su tesis sobre lo que él considera revoluciones neurocientíficas y uno de sus casos predilectos: el *gene targeting*. Con esto buscaré demostrar que algunas de las conclusiones extraídas del mismo no dan en el blanco, porque pese a que exista un cambio instrumental, no hay uno teórico. Tras ello, recurriré al caso de la hipótesis de reconsolidación de la memoria, desde el cual se podría afirmar lo contrario. Por último, mostraré la ventaja de una noción de cambio neurocientífico distinta a la de Bickle, pero no opuesta.

2. Consolidando la memoria

Como señalan De Brigard y Robins (2022) y Queenan et al. (2017), las investigaciones neurobiológicas de la memoria comparten algunos supuestos:

- a) la continuidad de los procesos de aprendizaje y memoria, en una secuencia de adquisición, almacenamiento y recuperación de información;
- b) el modelo estándar de la memoria, que comprende a la categoría “memoria” según criterios temporales (corto y largo plazo) y cualitativos (explícita e implícita);
- c) la teoría de la huella, que afirma que la experiencia deja algún tipo de marca orgánica perdurable.

Dentro de estos estudios, la hipótesis de la consolidación ha sido la más defendida hasta principios de este siglo. Para esta, la variación de la eficacia sináptica sería el mecanismo neurobiológico de la memoria, y la diferencia entre memorias a largo plazo (MLP) y a corto plazo estaría en que las primeras se producen por cambios químicos y las segundas por cambios estructurales (síntesis de proteínas asociadas a la transmisión sináptica). Estos serían el cuerpo de una consolidación de la memoria progresiva y resistente (Kandel, 2007).

Los mecanismos postulados de las MLP fueron descubiertos desde fines de los años ‘60, con la potenciación a largo plazo (PLP) en el hipocampo de conejos. PLP es un proceso que permite una mayor eficacia

sináptica durante un tiempo, considerado como prolongado, debido a ciertos cambios estructurales fruto de un impulso tetánico. Gracias a que se estableció en el hipocampo de un mamífero, favoreció su postulación como mecanismo neurobiológico de la memoria. Además, tiene las características de dependencia de estado y especificidad de asociación, coincidiendo con los postulados de Hebb de los circuitos reverberantes (Craver, 2003). La potencia de estos descubrimientos, junto con los desarrollos de Kandel en *Aplysia*, hizo que la comunidad neurocientífica siguiera esta línea de investigación por sobre otras.

En términos generales, el mecanismo de PLP es descrito de la misma forma en manuales de estudio, tales como Purves et al. (2007), y tiene dos etapas:

- 1) Una fase temprana, en la que se libera el tapón de Mg^{+} de receptores NMDA, ingresa más Ca^{+} , aumentan los niveles de CaMKII y PKC, se adhieren receptores AMPA en sinapsis silenciosas.
- 2) Una fase tardía, en la que por CaMKII aumenta el nivel de cAMP, provocan la liberación de subunidades catalíticas de PKA que activan CREB, de manera tal que se promueve la transcripción de genes asociados al crecimiento sináptico.

Esta cascada de reacciones químicas corriente abajo sería el mecanismo de consolidación molecular de la memoria, al que luego le seguiría una consolidación sistémica (un traspaso, tras meses o años, de la región hipocampal al neocórtex). Entonces, la memoria se consolidaría por los mecanismos plásticos de las sinapsis de las neuronas involucradas, en las que, una vez almacenada la información codificada en proteínas específicas, nunca se perdería. Es decir, MLP = PLP.

Esta hipótesis ha sido implícitamente adoptada por Bickle en sus diversos trabajos. Él toma a los experimentos neurocientíficos sobre la memoria como casos para la defensa de un reduccionismo despiadado [*Ruthless reductionism*] (2006, 2011), la primacía de los instrumentos y técnicas por sobre las teorías (2016, 2018, 2019, 2021) y para analizar cómo se producen lo que él entiende por revoluciones científicas (2016). En sus artículos realiza descripciones pormenorizadas de la literatura científica que toma por objeto, particularmente de cognición molecular y celular

con gene targeting, la cual considera exitosa. Entonces se pregunta, “¿son realmente estos los mecanismos moleculares de la consolidación de la memoria?” (Bickle, 2006, p. 10) y, luego, afirma que las conclusiones de esos mismos experimentos forman parte de las teorías mejor confirmadas de la neurociencia. Si bien sus intenciones no son las de revisar la precisión de la hipótesis de consolidación, supone su acierto, desarrolla toda su filosofía en torno a ella, y no presenta casos de otras hipótesis o de experimentos que la contraríen.

En la siguiente sección, trataré de mostrar su restricción a la hipótesis de consolidación, y analizaré qué consecuencias tiene para sus análisis del rol de los instrumentos y las teorías en el cambio científico de la neurociencia.

3. Bickle: instrumentos, teorías y revoluciones neurocientíficas

Bickle realiza un triple cuestionamiento anti-teoricéntrico. Primero, niega que la neurociencia necesite más y mejores teorías (Bickle, 2006, 2021); segundo, dice que los instrumentos tienen un valor mucho más importante que la teoría en el desarrollo neurocientífico (Bickle, 2016, 2019, 2021); y, tercero, que estos instrumentos son creados y mejorados atóricamente, a partir de una aproximación ingenieril de solución de problemas (Bickle, 2018, 2019, 2021). Por lo tanto, postula que temporal y epistémicamente tanto progreso como cambio científico son precedidos por el desarrollo de nuevos instrumentos o técnicas, y que efectivamente cuando la comunidad piensa en efectuar un cambio científico, piensa en desarrollar nuevos instrumentos o técnicas (Bickle, 2016, p. 3). A esta posición Johnson (2021) la llama *tools first method*. Es decir, una metodología que prioriza el rol de los instrumentos y las técnicas por sobre el papel de las teorías en la experimentación. El presente trabajo solo se restringe a discutir el segundo cuestionamiento de Bickle.

Para Bickle (2016, 2018, 2019) una revolución neurocientífica se da exclusivamente por el desarrollo o uso novedoso de instrumentos y técnicas de investigación, con una fuerte y marcada adopción de estos como metodología experimental en la disciplina por ciertas virtudes epistémicas (como un aumento en la capacidad de control de las variables del modelo), teniendo la teoría un lugar terciario.

Por otra parte, él considera que el concepto de teoría es tan ambiguo que optará a que se sobreentienda como aquello que es contrario a los casos que desarrolla, dejándola sin una definición concreta (Bickle, 2021). Por eso, desde las conclusiones que saca de sus casos, podría afirmarse que las hipótesis preexistentes a la aparición de los nuevos instrumentos, los conceptos acerca de lo que son los fenómenos de estudio de la neurociencia, así como cierta lógica característica de los llamados experimentos cruciales, forman parte de su noción general de teoría. Sobre lo que es un instrumento y una técnica experimental, tampoco realiza definiciones explícitas ni precisas si tienen algún tipo de diferencia relevante para la discusión.

Como puede verse, los puntos de análisis de su propuesta se dan exclusivamente en torno al desarrollo, utilización y reconocimiento de los instrumentos y técnicas experimentales. Sin embargo, e incluso independientemente del lugar que ocupen aspectos teóricos, dado que no se trata siquiera de una sustitución de un instrumento por otro, es difícil otorgarle el título de revolución. Sería mejor considerar su propuesta como una propuesta acerca del cambio neurocientífico.

Por otro lado, con la intención de mantener términos similares a los de Bickle, utilizaré indistintamente instrumentos y técnicas experimentales bajo las nociones de fuentes de modificación y detectores de Hacking (1992/1999): aquellas cosas que alteran la diana y aquellas otras que determinan los resultados de esa alteración.

Ahora bien, para ilustrar estos puntos Bickle (2016, 2019) recurre primordialmente al caso de gene targeting de principios de los años '90 en el estudio neurobiológico de la memoria. Así comienza describiendo que, en 1989, Richard Morris llevó a cabo una serie de experimentos farmacológicos con antagonistas de receptores que llevaron la técnica a su límite máximo de precisión. Por lo tanto, urgía la necesidad de nuevas formas de investigar.

A partir del desarrollo de gene targeting en moscas de frutas por Mario Capecchi, Alsino Silva y otros, desde el laboratorio de Tonegawa, publican en 1992 dos experimentos muy novedosos con esta técnica a través de ratas *knock-out* del gen de CaMKII. Los resultados fueron considerados excelentes por la comunidad neurocientífica: histológicamente tenían deficiencias de producción de PLP; comportamentalmente no eran capaces de recordar a largo plazo. Por lo tanto, al no encontrar PLP hipocampal y

al mostrar amnesia, se afianzó a CaMKII como necesaria para MLP. ¿Pero por qué este gen y no otro gen? Porque CaMKII ya estaba asociada al mecanismo de formación de PLP. Producida gracias al bloqueo por parte de las subunidades catalíticas de PKA del circuito inhibitor de producción de CaMKII, esta luego provoca la activación de receptores AMPA en sinapsis silenciosas (Bickle, 2016, 2019).

Por lo tanto, y como Johnson (2021) le remarca, estos dos experimentos fueron desarrollados con el objetivo de confirmar una hipótesis preexistente. Se interviene con nuevas técnicas en un componente que ya formaba parte del mecanismo hipotetizado de la consolidación de la memoria.

Bickle (2016, 2019) reconstruye otros experimentos que utilizaron novedosamente la técnica de gene targeting. Estos también son guiados por una hipótesis preexistente, a la vez que presentan innovaciones en la técnica. Hacia fines de 1992 Seth Grant, en el laboratorio de Kandel, desarrolla cuatro poblaciones distintas de ratas knock-out pero de genes de cuatro receptores de tirosina quinasas: se delimitó específicamente *fyn* como necesaria para la inducción de PLP. Fue un experimento de precisión, porque ya se sabía la importancia de las tirosinas quinasas, pero no se sabía cuál/es en particular. En 1997, Günther Schütz lo hace con CREB. Ted Abel, en el mismo año pero en el laboratorio de Kandel, genera ratas *knock-in*, provocando la sobreproducción de las subunidades reguladoras de PKA: se observó muy poco PLP y no había MLP. Nuevamente, fueron experimentos de confirmación, precisión o ampliación de la hipótesis de consolidación ya desarrollada.

La reconstrucción de Bickle poco se diferencia de la arriba descrita según los manuales de estudio, hasta podría decirse que es el recorrido que la produjo. Cada uno de los experimentos que él recupera para el caso del gene targeting fueron aportes de confirmación, precisión o ampliación de la hipótesis de consolidación de la memoria ya desarrollada. Al restringirse a este tipo de literatura, lo que observa es cómo se produjo un conocimiento novedoso y que extiende los límites instrumentales y técnicos, pero que no es innovador teóricamente. Esto no quiere decir que la técnica no haya sido adoptada por la comunidad, ni que no haya contribuido a los avances de la neurobiología de la memoria, sino que fue utilizada en los casos propuestos como parte de experimentos que sí fueron guiados teóricamente según hipótesis preexistentes. Es decir, hubo

un cambio científico en los instrumentos o técnicas utilizados en los experimentos, pero no en las teorías o hipótesis acerca de la memoria: novedad tecnológica sin novedad teórica.

A continuación, presentaré un caso que posibilita extraer conclusiones distintas pero no opuestas.

4. Reconsolidando la memoria

En el año 2000 se publicaron dos artículos imprescindibles para lo que se denominará la hipótesis de la reconsolidación de la memoria. En marzo, Susan Sara (2000a) publicó una revisión sistemática en donde recogía experimentos de evidencia negativa para la hipótesis de consolidación de la memoria. En agosto, Karim Nader, Glenn Schafe y Joseph Le Doux (2000a) publicaron una serie de experimentos cruciales que también pusieron a prueba esta hipótesis para los casos de memorias de temor.

Para Alcino Silva, autor principal de los primeros experimentos con ratas knock-out, la hipótesis de la reconsolidación de la memoria generó “un verdadero shock para mí y para muchos otros investigadores de la memoria ofuscados por el dogma de la consolidación” (2007, p. 168). Pese a cierto escepticismo inicial, esta hipótesis se convirtió en la predominante, reemplazando a la de consolidación.

Este shock fue porque se consideraba que la memoria, una vez consolidada estructuralmente, no era susceptible de perderse. La revisión de Sara (2000a) recoge una gran cantidad de experimentos que bajo distintas modalidades muestran la vulnerabilidad de esas memorias presuntamente consolidadas. Un punto es que la vulnerabilidad de estas no era exactamente algo nunca antes visto: desde los ‘70 se había encontrado que ratas que habían aprendido una tarea, de manera tal que no se pondría en duda su consolidación, tras estar expuestas a una clave de recuperación ambiental y recibir un tratamiento amnésico (como un shock electroconvulsivo), mostraban amnesia.

La hipótesis de reconsolidación postula que las memorias almacenadas pueden estar en un estado activo, en el que pueden recuperarse como perderse, o inactivo, en el que están almacenadas, pero no es posible acceder a ellas. Entonces, para recuperar una memoria, debe estar activa y, para ello, el organismo debe estar en una situación que le informe qué repertorio de memorias debería poder recuperar. Las claves de recuperación cumplirían

dicha función. Al activarse, la memoria entra en un estado de labilidad y puede perderse, no hay una instancia de consolidación que produzca una memoria plenamente persistente (como sí postulaba la hipótesis de consolidación). En cada recuperación exitosa se reconsolidada una y otra vez a través de nuevos episodios de síntesis de proteínas. Sara señala que la memoria pasa a considerarse “como una propiedad emergente, dinámica y adaptativa del sistema nervioso” (2000a, p. 1) y es por eso que ella realiza un “énfasis teórico en la reactivación y reconsolidación de memorias” (2000a, p. 1). Sin embargo, cuando se publicó esta revisión, muy poco se sabía de los mecanismos neurobiológicos de la reconsolidación.

En el mismo año, Nader, Schaffé y LeDoux (2000a) evalúan experimentalmente los efectos de inhibidores de síntesis de proteínas (ISP) en la formación y mantenimiento de estas memorias. Desde la hipótesis de consolidación, ya se había estudiado el efecto de ISP en un período levemente posterior a la fase de adquisición (durante la síntesis de proteínas necesarias para el almacenamiento), pero en estos experimentos la administración de ISP se realizó sobre memorias presuntamente consolidadas: tras un condicionamiento de temor, afianzado, se brinda una clave de recuperación y se administra ISP. Los resultados indicaron amnesia y fue un punto clave para la hipótesis de la reconsolidación, por cuanto hace notar el estado de labilidad de las memorias activas en una ventana temporal restringida, así como la necesidad de nuevas proteínas para su almacenamiento.

En su artículo desarrollan ambas hipótesis y analizan cuáles serían las predicciones de cada una, así como las consecuencias que se pueden desprender de sus experimentos para el resto de los paradigmas experimentales y de las formas de entender a la memoria como proceso. Así, sostienen: “estos descubrimientos no se predicen desde las teorías tradicionales de la consolidación de la memoria” (Nader, Schafe, y Le Doux, 2000a, p. 2), “las implicaciones totales de estos descubrimientos de temor y otras memorias no son comprendidas actualmente” (p. 4) y “la reconsolidación puede reflejar la naturaleza dinámica del proceso por el cual nueva información es añadida a almacenamientos preexistentes” (p. 4). Es decir, realizaron un experimento crucial y, junto con la revisión de Sara (2000a), produjeron

un cambio conceptual acerca del fenómeno de la memoria y sus mecanismos.¹

A diferencia de los casos de Bickle, en estos artículos no se utilizan nuevos instrumentos o técnicas experimentales. Por otro lado, las consideraciones teóricas relacionadas al desarrollo de distintas formas de comprender el fenómeno de la memoria, la comparación de distintas hipótesis, y la recuperación de una literatura que avale la reconsolidación, tienen un lugar que dista mucho de ser terciario. Es central. Por lo tanto, hubo un cambio científico teórico acerca de la memoria y sus mecanismos, pero no en los instrumentos o técnicas utilizadas en los experimentos: novedad teórica sin novedad tecnológica.

En este artículo no se trata de volver a proponer a la teoría como el único elemento necesario para comprender a las transformaciones en neurociencia. Considero que sería mejor intentar dar cuenta de estos casos a través de una propuesta que sea simultáneamente sensible a los cambios y las permanencias de los distintos elementos que componen estas prácticas científicas.

Hacking (1983/1996), autor al cual Bickle recurre, señala con respecto a los experimentos que cualquier versión unilateral de este tipo está seguramente equivocada, y que las prácticas científicas son como “una cuerda con muchas hebras” (1992/1999, p. 226) en la que por cortar una de estas no se corta toda la cuerda, pese a que tampoco siga siendo la misma. El caso de gene targeting es efectivamente un caso de cambio científico, así como también lo es el de la hipótesis de reconsolidación, y en ambas situaciones las transformaciones se producen en el marco de la permanencia de los otros elementos (al menos a corto plazo).

Hacking (1992/1999) también resalta la estructura autojustificativa del compuesto de estos elementos: una idea, cosa o marca se desarrolla, prueba, integra y acepta en virtud del resto, y es por ello que hay poco

¹ Ese mismo año, también, hubo otras publicaciones que tenían como centro la reconsolidación: Dudai (2000) escribe en *news and views* de Nature sobre los artículos arriba mencionados, y Miller y Matzel (2000), Nader, Schafe y LeDoux (2000b) y Sara (2000b) discuten en respuestas cruzadas acerca de la suficiencia del nuevo concepto/fenómeno de reconsolidación. Sin embargo, Litvin y Anokhin (2000), en Rusia, son los únicos que también publican experimentos propios, relativamente similares a los de Nader, Schafe y LeDoux (2000a), pero en pollitos: si bien coinciden en la labilidad de la memoria, encuentran que tras una semana hay recuperación espontánea, determinando amnesia temporal.

margen de maniobra. Esto arroja luz sobre algunos puntos de los casos, como cierta precaución en el momento de las conclusiones o el anclaje de nuevas técnicas e hipótesis bajo paradigmas experimentales establecidos, pero de igual forma muestra cómo estos elementos son interdependientes unos con otros, un análisis del cual carece este trabajo y del que se vería favorecido.

5. Conclusiones

Bickle (2016, 2019, 2021) intenta hacer de la historia de las neurociencias una historia escrita por sus instrumentos. Lo hace con la idea de reivindicarlos como una parte central de la disciplina, que por cierto afán cognitivista de la filosofía de las neurociencias fueron subsumidos a un lugar terciario con respecto a la teoría. Él invierte la jerarquía, pero cae en el mismo error de unilateralidad. La reconstrucción que hace del caso de gene targeting muestra por una parte cómo los experimentos tecnológicamente innovadores no lo fueron teóricamente. El caso de la hipótesis de reconsolidación muestra lo contrario, teniendo las características de experimentos cruciales y reformulando el concepto de memoria.

De esto no se desprende una vuelta a un teoricismismo, sino la necesidad de un tipo de análisis que contemple los diferentes elementos en sus cambios y permanencias. Los desarrollos de Hacking (1983/1996, 1992/1999) pueden ser un primer paso en esta dirección, así como señalan algunas carencias de este trabajo en torno a las sutiles relaciones de interdependencia entre todos los elementos partícipes de los experimentos.

Referencias

- Bickle, J. (2006). Reducing mind to molecular pathways: Explicating the reductionism implicit in current cellular and molecular neuroscience. *Synthese*, 151(3), 411-434. <https://doi.org/10.1007/s11229-006-9015-2>
- Bickle, J. (2011). Memory and Neurophilosophy. En S. Nalbantian, P. Matthews y J. McClelland (Eds.), *The memory process* (pp. 195-215). The MIT Press



- Bickle, J. (2016). Revolutions in Neuroscience: Tool Development. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 10, 24. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2016.00024>
- Bickle, J. (2018). From Microscopes to Optogenetics: Ian Hacking Vindicated. *Philosophy of Science*, 85(5), 1065-1077. <https://doi.org/10.1086/699760>
- Bickle, J. (2019). Linking Mind to Molecular Pathways: The Role of Experiment Tools. *Axiomathes*, 29(6), 577-597. <https://doi.org/10.1007/s10516-019-09442-1>
- Bickle, J. (2021). Tinkering in the Lab. En J. Bickle, C. Craver y A. Barwich, *The Tools of Neuroscience Experiment* (pp. 13-36). Routledge.
- Craver, C. F. (2003). The making of a memory mechanism. *Journal of the History of Biology*, 36(1), 153-195. <https://doi.org/10.1023/A:1022596107834>
- De Brigard, F. y Robins, S. (2022). Memory. En B. Young y C. Jennings (Eds.) *Mind, Cognition, and Neuroscience* (pp. 325-343). Routledge.
- Dudai, Y. (2000). The shaky trace. *Nature*, 406(6797), 686-687.
- Hacking, I. (1996). *Representar e intervenir*. UNAM Paidós. (Trabajo original publicado en 1983)
- Hacking, I. (1999). La autojustificación de las ciencias de laboratorio. En A. Ambrogi (Ed.), *Filosofía de la ciencia: el giro naturalista*. Universidad de las Islas Baleares. (Trabajo original publicado en 1992)
- Johnson, G. (2021). Tools, Experiments, and Theories: An Examination of the Role of Experiment Tools. En J. Bickle, C. Craver y A. Barwich (Eds.), *The Tools of Neuroscience Experiment* (pp. 37-55). Routledge.
- Kandel, E. R. (2007). *En busca de la memoria*. Katz Editores.

- Litvin, O. O. y Anokhin, K. V. (2000). Mechanisms of Memory Reorganization during Retrieval of Acquired Behavioral Experience in Chicks: The Effects of Protein Synthesis Inhibition in the Brain. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 30(6), 8.
- Miller, R. R. y Matzel, L. D. (2000). Memory involves far more than «consolidation». *Nature Reviews Neuroscience*, 1(3), 214-216. <https://doi.org/10.1038/35044578>
- Nader, K., Schafe, G. E., y Le Doux, J. E. (2000a). Fear memories require protein synthesis in the amygdala for reconsolidation after retrieval. *Nature*, 406(6797), 722-726. <https://doi.org/10.1038/35021052>
- Nader, K., Schafe, G. E., y LeDoux, J. E. (2000b). The labile nature of consolidation theory. *Nature Reviews Neuroscience*, 1(3), 216-219. <https://doi.org/10.1038/35044580>
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Hall, W. C. y Lamantia, A. S. (2007). *Neurociencia*. Editorial Médica Panamericana.
- Queenan, B. N., Ryan, T. J., Gazzaniga, M. S. y Gallistel, C. R. (2017). On the research of time past: The hunt for the substrate of memory: Synapse hypothesis workshop review. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1396(1), 108-125. <https://doi.org/10.1111/nyas.1334>
- Sara, S. J. (2000a). Retrieval and Reconsolidation: Toward a Neurobiology of Remembering. *Learning & Memory*, 7, 73-84. <https://doi.org/10.1101/lm.7.2.73>
- Sara, S. J. (2000b). Strengthening the shaky trace through retrieval. *Nature Reviews Neuroscience*, 1(3), 212-213. <https://doi.org/10.1038/35044575>
- Silva, A. J. (2007). Consolidation: Molecular restlessness. En H. Roediger, Y. Dudai., y S. Fitzpatrick (Eds.), *Science of memory: concepts* (pp. 167-170). Oxford University Press.

