Epistemología de las prácticas experimentales en las neurociencias cognitivas

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS GENERALES

El presente proyecto pertenece al campo de la filosofía especial de las ciencias y en particular de las neurociencias cognitivas (NC). Esta es una rama joven de la filosofía de las ciencias que sigue consolidándose en respuesta, por un lado, al acelerado desarrollo de las NC y, por otro, a la creciente atención en las prácticas científicas que la reflexión filosófica sobre la ciencia ha mostrado durante los últimos años. En esta línea, se destaca especialmente el respeto por las prácticas científicas tal como son llevadas adelante, la resultante adopción de los estudios de casos como metodología de trabajo y un foco en los procesos que llevan a la elaboración de los diferentes tipos de resultados científicos. El proyecto se centra de este modo en la exploración de la actividad efectiva de los neurocientíficos cognitivos para esclarecer y evaluar críticamente la trama de supuestos que le subyace.

Las NC constituyen un área actual de la investigación científica muy compleja, que presenta una gran diversidad en el recorte de los problemas y los niveles en los que se abordan, las herramientas experimentales y de observación adoptadas así como el formato de los aparatos explicativos elaborados. En un plano teórico, el campo puede verse como unificado bajo el objetivo general de individuar los principios organizativos que den cuenta de cómo la actividad colectiva de las neuronas genera diversos fenómenos cognitivos; en un plano metodológico, el mismo ha sido impulsado tanto por un resurgimiento de la investigación basada en el modelado de redes neuronales (por ej., Rumelhart et al. 1986) como por el desarrollo y creciente accesibilidad de técnicas de neuroimagen funcional (por ej., Horwitz et al. 2000), que posibilitan la exploración de cerebros humanos, vivos y en actividad. A pesar de estos puntos, dentro de este campo así circunscrito se encuentra una enorme variedad de abordajes, sectores y proyectos, lo que refleja un alto, aunque dificultoso, grado de intercambio entre comunidades científicas diferentes (McCollum 2000).

En particular, la densa interacción existente entre modelado y experimentación es alimentada tanto por (a) la notoria complejidad del cerebro como por (b) las múltiples relaciones funcionales que pueden darse entre una y otra práctica. Respecto de (a), cabe destacar los problemas inherentes a los diferentes rangos de precisión en los que modelos y experimentos se llevan adelante (Liljenström & Svedin 2005) así como la problemática asociada de la integración de resultados experimentales en diferentes escalas espacio-temporales (un ejemplo notable es la relación entre estudios hemodinámicos y electrofisiológicos). Respecto de (b), el papel de los modelos va desde organizar *data sets* y analizar resultados experimentales hasta sugerir nuevos experimentos y dirigir de diverso modo la búsqueda experimental.

Teniendo en cuenta la complejidad y acelerada tasa de cambio de las NC, un abordaje epistemológico de un sector delimitado de este campo puede ofrecer una visión más clara de sus prácticas experimentales. Bajo esta asunción, los objetivos generales de este proyecto son:

i) Consolidar un abordaje epistemológico, en la tradición de la filosofía de las ciencias centrada en las prácticas, de la experimentación en las NC contemporáneas.

ii) Elucidar los criterios epistemológicos y metodológicos que rigen la interacción entre las prácticas experimentales no invasivas y de construcción de modelos en las NC contemporáneas.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS E HIPÓTESIS DE TRABAJO

Los objetivos específicos del proyecto son:

i) Dar una caracterización rigurosa de las prácticas experimentales en el sector de las NC caracterizado por el uso de neuroimágenes y electroencefalograma para el estudio de procesos psicológicos básicos.

ii) Desarrollar herramientas conceptuales y vías de abordaje epistemológico que permitan esclarecer la compleja dinámica de interacción entre la elaboración de modelos teóricos y la experimentación en el sector delimitado de las NC. En particular, cobrará relevancia el rol de los abordajes analíticos de los datos

experimentales así como el alcance de su interpretación, la medida en que son guiados por hipótesis o por los datos (Leonelli 2012) y el modo en que responden más o menos directamente a los diseños experimentales.

iii) Determinar cuál es la incidencia de diferentes tipos de paradigmas experimentales y modelos teóricos cognitivos en el diseño y desarrollo de experimentos centrados en neuroimágenes funcionales.

iv) Caracterizar de qué modo y evaluar en qué medida los diseños experimentales y los abordajes analíticos responden a marcos generales asociados, por un lado, al estudio de la especialización funcional del cerebro, en la tradición localizacionista, y, por otro lado, al estudio de su integración funcional, en el marco de los recientes enfoques dinamicistas en las ciencias cognitivas (Beer 2000). Respecto de esto último, ponderar el rol del aparato matemático de la teoría de los sistemas dinámicos no lineales (Strogatz 1994, Fuchs 2010) en la construcción y el análisis de los modelos en el sector delimitado de las NC.

Relacionadas con los objetivos específicos se encuentran las siguientes hipótesis de trabajo:

i) Dentro del recorte científico propuesto se encuentra una amplia gama de aproximaciones científicas al cerebro que exhiben diferencias específicas no desdeñables desde una perspectiva epistemológica. Un acercamiento epistemológico asentado sobre estudios de casos constituye una estrategia privilegiada a los fines de respetar la remarcada complejidad de las prácticas científicas de interés, posibilitando a la vez identificar en ellas afinidades relevantes y supuestos comunes que dirigen la búsqueda.

ii) Dado el carácter aún incipiente del sector de las NC delimitado, es necesario fijar categorías epistemológicas apropiadas para el estudio de las prácticas experimentales asociadas así como adaptar otras utilizadas en la literatura con un foco en áreas científicas más establecidas. Se asume que pueden provechosamente aplicarse herramientas derivadas de la epistemología reciente de la experimentación (p.e., Radder 2003) y del modelado (p.e., Morgan & Morrison 1999).

iii) Un punto en el que existe cierto consenso en la literatura es que, en el campo de las NC, el rol de los modelos es preponderante en tanto que aquel no está dominado por una construcción teórica fuerte (Marder et al. 1997, Stevens 2000). Este contexto particular otorga especial relevancia a la evaluación del rol de los modelos cognitivos para guiar diversos aspectos de la experimentación en el campo.

3. JUSTIFICACIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO

La investigación programada es de carácter teórico o conceptual. La metodología consiste en relevar, examinar y confrontar la literatura pertinente sobre el tema, analizando críticamente y evaluando en forma comparativa presupuestos, conceptos, métodos e hipótesis. Se abordan trabajos filosóficos y propios de la disciplina científica de interés, así como el material que se publique en el transcurso de la investigación.

Con relación a las actividades a desarrollar, se prevé la presentación de resultados parciales a lo largo de todo el proyecto. Las actividades específicas consisten en:

a) La participación a reuniones intensivas de frecuencia semanal en las que los integrantes del equipo presenten, discutan y revisen diferentes puntos relacionados con los temas estudiados, tanto sobre la base de trabajos de especialistas como de trabajos originales elaborados por los integrantes; se seguirá una modalidad de tipo taller, orientada a la producción de artículos.

b) La elaboración de trabajos de clarificación conceptual, informes de integración y trabajos críticos sobre problemas relacionados con los temas mencionados en los anteriores ítems.

c) La presentación de estos trabajos en reuniones científicas, nacionales e internacionales.

d) La publicación de los mismos en diversos medios de circulación nacional e internacional.

e) La organización de talleres y coloquios centrados en la filosofía de las neurociencias y de las ciencias cognitivas, con participantes nacionales e invitados internacionales. Se prevé continuar con la organización de los eventos bienales *Encuentro de Filosofía de las Ciencias Cognitivas y del Comportamiento*, cuya tercera edición tendrá lugar en el año 2017 en la ciudad de Córdoba.

f) La formación de estudiantes e investigadores dedicados a diversas problemáticas epistemológicas en el seno de las neurociencias.

Dada la naturaleza de la investigación que se pretende emprender, los miembros del equipo de trabajo tendrán roles equivalentes o no especializados, si bien siempre bajo la coordinación de los directores del proyecto. Se presenta a continuación un plan analítico de trabajo que estructurará el desarrollo de la investigación. El mismo podrá sufrir modificaciones en función de este desarrollo y los resultados parciales obtenidos.

Eje 1. Técnicas de inspección del cerebro en las NC:

a. Estudios electrofisiológicos: EEG de alta densidad y potenciales relacionados con eventos.
b. Neuroimágenes funcionales: Resonancia magnética funcional y estimulación magnética transcraneana.
c. Conectividad cerebral: Resonancia magnética con imágenes por tensor de difusión.
d. Paradigmas cognitivo-conductuales y su uso en las NC.

Eje 2. Prácticas experimentales en las NC:

a. Diseño de experimentos: Substracción y conjunción cognitiva. El papel de los modelos cognitivos para los diseños experimentales.
b. Abordajes analíticos de datos experimentales: Modelos guiados por datos y por hipótesis.
c. Simulaciones computacionales y experimentación: Roles en el análisis de datos y como guías para los diseños.

Eje 3. Conceptos y abordajes epistemológicos en las NC:

a. Experimentación en ausencia de teoría (1): Guías para la interpretación de datos experimentales. Evidencia, técnicas experimentales y poder estadístico.
b. Experimentación en ausencia de teoría (2): Robustez experimental y modelos cognitivos. Alcance de la independencia de los supuestos en la experimentación con técnicas, paradigmas y modelos diferentes.
c. Co-evolución experimentación / modelado: Heurísticas para los diseños experimentales. El rol de la teoría de sistemas dinámicos. Integración científica y compensación de limitaciones asociadas a diferentes técnicas.
d. Tradiciones de investigación: El papel de la experimentación en la tensión entre abordajes localizacionistas y dinamicistas. Simulaciones y exploración a gran escala en el cerebro.

4. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Abarbanel, H. & Rabinovich, M. (2001). Neurodynamics: Nonlinear dynamics and neurobiology. *Current Opinion in Neurobiology* 11: 432-430.

Bechtel, W. (2008). *Mental Mechanisms: Phil. Perspectives on Cognitive Neuroscience*. Londres: Routledge.

Beer, R. (2000). Dynamical approaches in cognitive science. *Trends in Cognitive Sciences*. 4: 91-99.

Bickle, J. (2003). *Philosophy and Neuroscience: A Ruthlessly Reductive Account*. Dordrecht: Kluwer.

Bogen, J. (2002). Epistemological custard pies from functional brain imaging. *Philosophy of Science* 69: 59-71.

Buzsáki, G. (2006). *Rhythms of the Brain*. Oxford: Oxford University Press.

Craver, C. (2005). Beyond reduction: Mechanisms, multifield integration and the unity of neuroscience. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 36: 373-395.

Fuchs, A. (2010). Dynamical systems in one and two dimensions: A geometrical approach. En Huys & Jirsa (eds.) *Nonlinear Dynamics in Human Behavior*. Berlin: Springer-Verlag.

Hagner, M. & Rheinberger, H.J. (1998). Experimental systems, object of investigation, and spaces of representation. En Heidelberger & Steinle (eds.) *Experimental Essays*. Baden-Baden: Nomos.

Hardcastle, V. (2007). The theoretical and methodological foundations of cognitive neuroscience. En Thagard (ed.) *Philosophy of Psychology and Cognitive Science*. Amsterdam: Elsevier.

Horwitz, R., Friston, K. & Taylor, J. (2000). Neural modeling and functional brain imaging. *Neu. Netw.* 13: 829-846.

Klein, C. (2010). Philosophical issues in neuroimaging. *Philosophy Compass* 5: 186-198.

Leonelli, S. (2012). Making sense of data-driven research in the biological and biomedical sciences. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 43: 1-3.
Liljenström, H. & Svedin, U. (2005) *Micro, Meso, Macro: Addressing Complex Systems Couplings*. Nueva Jersey: W.S.P..
Marder, E., Kopell, N. & Sigvardt, K. (1997). How computation aids in understanding biological networks. En Stein et al. (eds.) *Neurons, Networks, and Motor Behavior*. Cambridge: MIT Press.
McCollum, G. (2000). Social barriers to a theoretical neuroscience. *Trends in Neuroscience* 23:334-336.
McIntosh, A. (2000). Towards a network theory of cognition. *Neural Networks* 13: 861-870.
Morgan, M. & Morrison, M. (eds.), (1999). *Models as Mediators*. Cambridge: Cambridge University Press.
Pérez Velázquez, J. L. (2005) Brain, behaviour, and mathematics. *Physica D* 212: 161-182.
Radder, H., (ed.), (2003). *The Philosophy of Scientific Experimentation*. Pittsburgh: U.P. Press.
Rumelhart, D., McClelland, J. & el Grupo PDP (1986). *Parallel Distributed Processing*. Cambridge: MIT P..
Sporns, O. (2011). *Networks of the Brain*. Cambridge: MIT Press.
Sullivan, J. (2009). The multiplicity of experimental protocols: A challenge to reductionist and non-reductionist models of the unity of neuroscience. *Synthese* 167: 511-539.
Stevens, C. (2000). Models are common; good theories are scarce. *Nature Neuroscience* 3: 1177.
Strogatz, S. (1994). *Nonlinear Dynamics and Chaos*. Reading: Addison-Wesley.
Venturelli, N. (2015). Un abordaje epistemológico de la integración neurocientífica. En Rodríguez, Velasco, & García (eds.) *Epistemología y Prácticas Científicas* (pp. 41-71). Córdoba: Editorial Universitaria.
Venturelli, N. (2016). A cautionary contribution to the philosophy of explanation in cognitive neuroscience. *Perspectives on Science* (en evaluación).
Weber, M. (2004). *Philosophy of Experimental Biology*. Cambridge: Cambridge University Press.

5. IMPORTANCIA DEL PROYECTO

El presente proyecto está motivado por la riqueza epistemológica que se cree hay en la elucidación de los criterios adoptados por los científicos para seleccionar métodos y heurísticas de búsqueda en un contexto situado de trabajo –esto es, definido por las condiciones particulares de un campo específico de la investigación neurocientífica. Se estima que el provecho obtenido irá tanto en la dirección de la filosofía de las ciencias como en la dirección de las comunidades científicas dedicadas a las NC, en la medida en que logre proveer una visión más clara de las prácticas científicas, y en particular de las prácticas experimentales, de un campo de trabajo de gran interés y relevancia actual, así como de una notable complejidad.

La principal motivación del proyecto se encuentra en la necesidad, visible en un contexto internacional pero especialmente en el ámbito nacional y local, de una reflexión sistemática en torno de los aspectos epistemológicos que presentan las NC. Esta situación es debida principalmente a su novedad y crecimiento acelerado así como al carácter distintivo que exhibe el contexto de descubrimiento en esta área y la dificultad asociada de aplicar categorías y resultados provenientes de la tradición en filosofía de las ciencias. En lo que respecta el ámbito local, la UNC ha recientemente inaugurado la carrera del Doctorado en Neurociencias, un proyecto inter-facultades en el que participan la Facultad de Psicología y la Facultad de Filosofía y Humanidades; este proyecto apuntala explícitamente la necesidad de profundizar la investigación epistemológica, en la tradición de la filosofía de las ciencias, en torno de las NC en el contexto local.

La epistemología de la experimentación enfocada sobre el presente campo de interés tiene una gran proyección de crecimiento a la vez que se encuentra todavía en etapas tempranas de desarrollo. Buena parte de los trabajos aun más recientes exhiben sesgos de abordajes filosóficos o bien inspirados en tradiciones diferentes como es el caso de la filosofía de la mente o bien asentados en la filosofía general de la ciencia. De este modo, la filosofía de las neurociencias, en línea con la tradición en filosofía de las ciencias, ha tendido a concebir las interacciones entre prácticas neurocientíficas en términos de reducción y unificación (por ej., Bickle 2003 y Bechtel 2008). Todavía son escasos los ejemplos en los que se ofrece una evaluación más rica y adecuada de las mismas, en el sentido de que atienda específicamente a los aspectos que hacen a la peculiaridad de las NC.

Pueden mencionarse aquí las contribuciones de Bogen (2002), Weber (2004), Hardcastle (2007), y las propuestas más programáticas de Sullivan (2009) y Klein (2010).

Entre los aspectos idiosincráticos que un tratamiento epistemológico de la experimentación en las NC debiera abordar, el rol subsidiario que en ellas ocupa la teoría es central: esto es, la idea de las NC como un área rica en datos pero pobre en cuanto refiere a la teoría. Parte del trabajo posdoctoral del director del proyecto ha ido en la dirección de mostrar cómo la falta de estructuras teóricas dominantes incide sobre las prácticas experimentales en el campo: esto puede constatarse en diferentes etapas del trabajo experimental, desde la inespecificidad de la pregunta experimental de la que el científico parte hasta el tratamiento de los datos resultantes y, en particular, la selección de los abordajes analíticos para ellos (Venturelli 2015).

Por otra parte, los sistemas experimentales en las NC son en sí mismos muy complejos, tanto en lo que hace a la obtención como al análisis e interpretación de los datos. La idea de una co-evolución intrincada entre aspectos experimentales y teóricos de los procesos científicos ya ha sido elaborada para otras áreas de la ciencia (por ej., Hagner & Rheinberger 1998 y, para el caso de las ciencias biológicas, Weber 2004). Sin embargo, su exploración para el caso de las NC no está desarrollada y se perfila como un aporte filosófico original al sector. En particular, es esperable (Venturelli 2016) que la evaluación del rol de los paradigmas experimentales de tipo cognitivo-conductual y de diferentes tipos de modelos cognitivos sobre el desarrollo de los experimentos neurocientíficos sea superadora respecto de debates hoy muy difundidos planteados en términos de la relación entre niveles psicológicos y mecanicistas de explicación.

Un punto relacionado con los anteriores es la tendencia extendida a utilizar conceptos provenientes de la física y la matemática para el tratamiento de ciertos aspectos del comportamiento global de conjuntos de neuronas (Pérez Velázquez 2005). Uno de los principios rectores de esta tendencia aplicada a las NC es que el lenguaje matemático de lo que hoy se denomina comúnmente teoría de sistemas dinámicos no lineales constituye –en particular en virtud de su capacidad para comprimir grandes bases de datos en principios organizativos manejables– una herramienta poderosa para describir y clasificar niveles de actividad neuronal que puedan conectarse con el desempeño cognitivo. Con relación a esto, las técnicas en dinámica no lineal han evolucionado desde una formulación abstracta hasta un conjunto práctico de métodos para el análisis de datos y la construcción y verificación de modelos (cfr., Abarbanel y Rabinovich 2001: 423). El estudio proyectado de la interacción compleja entre experimentación y construcción de modelos encuentra un punto de entrada privilegiado en esta particular vertiente de trabajo en las NC (por ej., McIntosh 2000, Buzsáki 2006, Sporns 2011). A la vez, estos avances inciden sobre el modo en que las actuales técnicas de neuroimagen renuevan la histórica tensión entre abordajes localizacionistas y holistas, volviendo a fortalecer el estudio de las dinámicas neuronales a gran escala asociadas a procesos cognitivos específicos.

Cabe agregar, a modo aclaratorio, que el aporte proyectado es de tipo analítico-descriptivo, con la pretensión adicional de proveer una fuente de posibles heurísticas futuras: no es de carácter evaluativo o prescriptivo, como es común en algunos sectores de la filosofía de las neurociencias y de las ciencias cognitivas.

6. FACILIDADES DISPONIBLES

Para el desarrollo de la investigación, el Centro de Investigaciones de la Facultad de Filosofía y Humanidades (UNC) posee una infraestructura adecuada y brinda el equipamiento necesario (escritorio, PCs, otros insumos) así como libre acceso a abundante material bibliográfico especializado a través de la Biblioteca de las Facultades de Filosofía y Humanidades y de Psicología y de las bases de datos del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

7. JUSTIFICACIÓN DEL PRESUPUESTO SOLICITADO

El presupuesto para gastos está fundado en la previsión de organizar y participar en reuniones científicas de la especialidad, así como adquirir material bibliográfico e insumos necesarios para el desarrollo de la investigación.