

# LOS LÍMITES EPISTEMOLÓGICOS DE LAS NEUROCIENCIAS: LA FALACIA DE LAS NEURO-LO QUE SEA

## *The Epistemological Boundaries of Neurosciences: The Fallacy of Neuro-Whatever*

JORGE EMIRO RESTREPO<sup>1</sup>

**Recibido:** 2019-09-03

**Aceptado:** 2020-01-15

**Resumen:** Actualmente se ha extendido el uso del prefijo “neuro” en diferentes expresiones y diferentes disciplinas. No siempre su uso está justificado. En este artículo de reflexión se pretende evaluar la naturaleza de las neurociencias para demostrar que su evolución filosófica y científica procede a través de la dependencia y la continuidad epistemológica. De cumplir con estos parámetros, las neurociencias van alcanzando su autonomía epistemológica y solo allí surge una nueva disciplina neurocientífica. Si no se cumplen, surgen problemas epistemológicos y pueden derivarse pseudoexplicaciones que llevan al nacimiento y proliferación de las neuro-*lo que sea*. El artículo comienza con un análisis sobre la naturaleza de las neurociencias y una revisión de su objeto de estudio. Además, se discute la estructura de la explicación neurocientífica. En la segunda parte, se cuestiona la supuesta legitimidad epistemológica y validez explicativa de la neuroeducación, como un posible caso de una neuro-*lo que sea*. Se concluye que la explosión científica y tecnológica de las neurociencias y una cultura cerebrocentrista académica y popular han propiciado un incremento no justificado de una serie

de neuro-*lo que sea* que se muestran como legítimos desarrollos filosóficos, científicos y tecnológicos, pero no en todos los casos cumplen con algunos parámetros epistemológicos ineludibles.

**Palabras clave:** neurociencias, neuroeducación, epistemología, historia, filosofía.

**Abstract:** Currently the use of the prefix “neuro” has been extended in different expressions and different disciplines. Its use is not always justified. In this article of reflection, the aim is to evaluate the nature of neurosciences to demonstrate that their philosophical and scientific evolution proceeds through dependency and epistemological continuity. If these parameters are met, the neurosciences are reaching their epistemological autonomy and only there a new neuroscientific discipline emerges. If not met, epistemological problems arise and pseudo-explanations can be derived that lead to the birth and proliferation of neuro-*whatever*. The article begins with an analysis of the nature of neuroscience and a review of its object of study. In addition, the structure of the neuroscientific explanation is discussed.

Para citar este artículo en APA:  
Restrepo, J. (2019). Los límites epistemológicos de las neurociencias: la falacia de las neuro-*lo que sea*. *Revista de Psicología Universidad de Antioquia*, 11(2), 201-224. doi: 10.17533/udea.rp.v11n2a08

<sup>1</sup> Doctor en neuropsicología. Profesor Asociado y director del Grupo de Investigación OBSERVATOS. Facultad de Educación y Ciencias Sociales, Tecnológico de Antioquia, Medellín. Correo: jorge.restrepo67@tdea.edu.co; <https://orcid.org/0000-0001-8790-7454>

In the second part, the supposed epistemological legitimacy and explanatory validity of neuroeducation is questioned, as a possible case of a neuro-whatever. It is concluded that the scientific and technological explosion of neurosciences and a popular and academic neurocentric culture have led to an unwarranted increase in a series of neuro-whatever

they appear to be as legitimate philosophical, scientific and technological developments, but not in all cases comply with some inescapable epistemological parameters.

**Keywords:** neurosciences, neuroeducation, epistemology, history, philosophy.

## Introducción

Las ideas y argumentos que se expondrán y desarrollarán en este texto tienen un propósito análogo al de un jardinero. Como primer objetivo, pretende demarcar: delinear un espacio para el cultivo de las ideas en el que haya claridad sobre sus alcances y límites; así como el jardinero demarca su jardín con plantas para linderos, delimitando lo que está dentro y lo que queda por fuera. Su segundo objetivo será desbrozar; limpiar y eliminar del jardín esa maleza incómoda, estética y funcionalmente, que impide apreciar la naturaleza real de los árboles y flores que conforman el reverdeciente suelo; maleza que propicia la confusión de las ideas y genera todo tipo de embrollos conceptuales y teóricos.

Como el jardinero, el filósofo y el neurocientífico se conturban si su trabajo no se hace correctamente. El desinterés, descuido, o incapacidad por comprender ciertos elementos nucleares de la filosofía de la mente, el uso indiscriminado del lenguaje teórico de ciertas disciplinas, la imprecisión conceptual y, quizás lo más importante, el afán, de algunos, por darle un tinte *neuro*-científico a sus discursos académicos y no académicos han llevado la neurociencia a convertirse en un enmarañado jardín con una flora variopinta, extravagante y sospechosamente heurística. Al filósofo le incomoda que se cometan exabruptos epistemológicos y, peor aún, ontológicos. Al neurocientífico le preocupa que su disciplina se transfigure en una panacea, o el *Santo Grial* (Corredor y Cardenas, 2017) que, aparentemente, resuelve todo problema.

La explicación “neurocientífica” ha colonizado, como la mejor planta invasora, múltiples terrenos. Desde la ética hasta el mercadeo, cubriendo lo largo y ancho de la geografía científica y profesional. Pareciera no existir límite

para este tipo particular de explicación, que tiene como raíz la apelación a la estructura y el funcionamiento cerebral. Utilizando la anatomía y la fisiología de esos 1400 g. de materia orgánica, se han elaborado discursos que, sin proporcionar soluciones concretas, han devenido en la creación de nuevos problemas. Pero no problemas en el sentido científico o filosófico, sino complicaciones, enredos, trabas, que solo han obstaculizado y retrasado la búsqueda de soluciones de otra naturaleza (*no-neurocientífica* o, por lo menos, no *exclusivamente* neurocientífica).

Para lograr los objetivos se procederá de la siguiente manera. Primero, se analizarán los objetos de estudio y la naturaleza de la explicación en la neurociencia, en sus diferentes niveles. El análisis servirá para cumplir con la primera tarea del jardinero: demarcar su jardín con arbustos para linderos, delimitando lo que está dentro y, así, lo que queda por fuera. La discusión sobre las disciplinas neurocientíficas servirá para establecer, a partir de elementos propios de la filosofía de la ciencia y de la filosofía de la mente, qué constituye su objeto de estudio y qué son y cómo funcionan sus explicaciones. Segundo, se revisará y desmontará la aparentemente sólida estructura epistemológica de esa frondosa flora que nace y crece sin control. Aquí, como el jardinero, se intentará eliminar la maleza, toda vez que se ha limpiado el suelo. Es decir, se someterán a escrutinio epistemológico tanto la naturaleza de esas disciplinas supuestamente neurocientíficas como la naturaleza de sus aparentes explicaciones.

## El objeto de estudio de la neurociencia y la naturaleza de la explicación neurocientífica

### *¿Qué son y cuáles son las neurociencias?*

El prefijo griego “neuro” (*νεῦρο*) significa, etimológicamente, nervio. Es por esta razón, seguramente, que la primera disciplina en acuñar una denominación con ese prefijo hubiese sido precisamente la neurología (el estudio de la estructura y función de los nervios) en 1681 (Muzur y Rincic, 2013). Y no es que el estudio del sistema nervioso haya comenzado a finales del siglo XVII, se trata tan solo del origen del término “neurología”. Los estudios sobre el cere-

bro, especialmente interesados en la actividad mental, comenzaron en Egipto y Grecia siglos antes de la era cristiana (Katona, 2002). Los estudios empíricos de Galeno de Pérgamo (129-216) sobre los nervios craneales y la médula espinal a partir de disecciones de animales, por ejemplo, dominaron la academia durante más de mil años y sirvieron como precursores de Vesalio, Descartes, Swammerdam, Willis y demás eminencias.

La neurociencia, por definición, estudia la estructura y el funcionamiento del Sistema Nervioso (SN). Los nervios son parte de este sistema, y los primeros capítulos en la historia de la neurociencia estuvieron dedicados a su estudio, desde la perspectiva anatómica y funcional. El término “neurociencia” surge a mediados de los años sesenta del siglo pasado (algunos lo ubican en 1963) como etiqueta para clasificar y agrupar las diferentes disciplinas científicas que estaban dedicadas al estudio del SN. Pero, ¿por qué diferentes disciplinas? Porque el SN, en tanto sistema (von Bertalanffy, 1976), está constituido estructural y funcionalmente por múltiples niveles: físico, químico, molecular, genético, celular, tisular, orgánico y sistémico<sup>3</sup>. Estos tres últimos se refieren a los tejidos, los órganos y los sistemas (y sistemas de sistemas).

La teoría neuronal desarrollada a finales del siglo XIX por Ramón y Cajal estableció la unidad de análisis en los estudios en neurociencia (López-Muñoz, Boya y Álamo, 2006). Si la neurona era la unidad estructural y funcional del SN, entonces era apenas lógico que se desarrollaran dos corrientes de análisis: una corriente abajo, interesada por identificar, describir y explicar los mecanismos físicos, químicos y biológicos que gobiernan la actividad neuronal; y una corriente arriba, motivada por comprender la forma como la actividad neuronal se organiza en sistemas de neuronas y la manera como estos sistemas dan origen a la actividad psicológica (cognición, emoción y comportamiento). Surgen así, disciplinas como la neurofísica, la neurogenética, la neuroquímica, la neurobiología y la neurofisiología, con intereses de corriente abajo; y la neuropsicología y la neurociencia cognitiva, con intereses de corriente arriba.

<sup>3</sup> El SN depende funcionalmente de otros sistemas biológicos, como el circulatorio. Y otros sistemas biológicos, como el inmunológico, dependen de él. Esta interdependencia entre sistemas hace que emerja un sistema de sistemas (como, por ejemplo, el sistema neuroendocrino o el sistema neuroinmunológico), que puede diferenciarse de los sistemas que lo originan.

No es conveniente, en este momento, afirmar que estas son las únicas neurociencias legítimas, ni mucho menos que sean las únicas existentes (pueden encontrarse más de 40 términos que tienen el prefijo *neuro-* [Muzur y Rincic, 2013]). De hecho, el análisis sobre los objetos de estudio de las neurociencias no se hará desde la disciplina hacia el objeto, sino desde el objeto hacia la disciplina. En otras palabras, se partirá de la realidad estructural y funcional del SN para llegar a las disciplinas que asumen esos objetos como focos de análisis. Claramente, el concepto de “objeto de estudio” es, hasta cierto punto, una construcción teórica. De manera que no es del todo fácil escapar de ciertas redes conceptuales, que no son más que creaciones epistemológicas espurias. Aquí está parte de la falacia de las neuro-*lo que sea*.

### *La neurona corriente abajo: nivel celular y microcelular*

La célula es la unidad estructural y funcional de los organismos (unicelulares y pluricelulares). La neurona y la neuroglia son las unidades funcionales y estructurales del SN. Ellas conforman el tejido cortical, subcortical y nervioso. Como toda célula, las neuronas y la neuroglia están organizadas a partir de complejas redes y sistemas de proteínas, moléculas y átomos que constituyen su estructura y determinan su funcionamiento. La forma de los giros y las circunvoluciones del cerebro, por ejemplo, depende de las neuronas, pero no de mecanismos genéticos o moleculares, sino de mecanismos biofísicos: fuerzas y tensiones mecánicas que se generan en y generan la geometría de las neuronas en desarrollo (Kuhl, 2016).

Si el objetivo es explicar de qué forma se produce la organización de la corteza cerebral humana, su morfogenética, habrá que recurrir a los conceptos y teorías de la física: “(...) la expansión tangencial de la capa cortical en relación con las subcapas genera una tensión de compresión que conduce al plegamiento mecánico de la corteza” (Tallinen et al., 2016, p. 588). El plegamiento cortical —aumento en el número de neuronas e interconexiones— es un fenómeno mecánico que resulta del crecimiento de la corteza cerebral y es explicable a partir de sucesos físicos, como fuerzas elásticas, tensiones mecánicas, deformaciones físicas, rotaciones, traslaciones, centros

de masa, superficies, geometrías, entre otras propiedades de la materia (Toro y Burnod, 2005).

Por tanto, para explicar la morfogenética de la corteza cerebral, un asunto de alta importancia para la neuroembriología, hay que apelar a la física. Así que la física, aplicada a un asunto exclusivo del SN como es el origen de la forma de la corteza, puede legítimamente ser denominada “neurofísica” o “neurobiofísica”. De manera que el uso de los recursos conceptuales, teóricos y metodológicos de una disciplina establecida, como la física, puestos al servicio del estudio de un problema o tema de interés exclusivo del SN, da origen a una subdisciplina o área de especialización que adquiere el prefijo “neuro” para denotar ese nuevo campo de estudio. ¿Son los físicos neurocientíficos? Sí, si su objeto de estudio es un asunto que concierna al estudio del SN.

Ahora bien, si el objetivo es explicar cómo está conformada una neurona y cómo funciona, entonces habrá que recurrir a los conceptos, teorías y metodologías de la química y la biología celular y molecular (bioquímica). A partir de ellas se ha podido conocer todo lo relacionado con los tipos de neuronas y de neuroglia, la naturaleza de la membrana y sus canales, los neurotransmisores y sus mecanismos de acción, la naturaleza y la dinámica de la sinapsis, los tipos y funcionamiento de los receptores y demás. Así, entonces, los conceptos, teorías y metodologías de la química y la biología celular y molecular (bioquímica), puestos al servicio del estudio del SN, darán origen a subdisciplinas o áreas de especialización tales como la neuroquímica, la neurobiología (celular y molecular).

¿Qué es, entonces la neurociencia molecular? Es el estudio de los mecanismos y procesos moleculares involucrados en el funcionamiento del SN. En otras palabras, la neurociencia molecular es aquello que resulta de la aplicación de los conceptos, teorías y metodologías de la química y la biología celular y molecular en el estudio del SN. ¿Quiere esto decir que no hay un campo, un área de estudios —una disciplina—, epistemológicamente autónoma que se denomine “neurociencia molecular”? Por supuesto que no. Sí existe una disciplina epistemológicamente independiente, con sus propios conceptos, teorías y metodologías, pero esta disciplina está anclada histórica, científica y epistemológicamente a esas disciplinas que sirvieron de fundamento (Crick, 1999).

De hecho, este anclaje es el que valida la existencia de la subdisciplina o área de especialización. Éstas surgen como consecuencia natural del desarrollo de la investigación científica y la reflexión filosófica sobre temas, problemas u objetos de estudio; por ejemplo, el estudio de los neurotransmisores, que se han convertido en “(...) una parte intrínseca sobre nuestras teorías acerca del funcionamiento cerebral” (Valenstein, 2002, p. 73). Esta historia comienza, como casi toda la neurociencia moderna, con el estudio de los nervios<sup>4</sup>. Realizando experimentos sobre ellos y utilizando el conocimiento de una disciplina mejor desarrollada (la farmacología), Langley, en 1921, sugirió que la actividad de ciertas moléculas, como la adrenalina<sup>5</sup>, no estaba especificada por la naturaleza de la sustancia, sino por una combinación entre esta y algún componente de la célula sobre la que actuaba —lo que él denominó “sustancia receptiva”— (Valenstein, 2002).

Fue Langley, en ese año, quien estableció el concepto de receptor (Bennett, 1999a). Sin embargo, Elliott, en 1904, ya había postulado el fenómeno de la transmisión neuroquímica (López-Muñoz y Álamo, 2009) con posterioridad a que Sherrington, en 1897, adoptara el término de sinapsis, luego de continuar con los desarrollos científicos de Galvani —en el siglo XVIII— y de Matteucci, du Bois-Reymond y Helmholtz —en siglo XIX— sobre la actividad eléctrica de los nervios y el potencial de acción en las neuronas (Bennett, 1999b). Todos estos y otros avances en la investigación de la estructura y funcionamiento del SN sirvieron como precursores del nacimiento de la neurofisiología moderna en 1906 con la publicación de *The integrative action of the nervous system* realizada por Sherrington (López-Muñoz y Álamo, 2009).

La actual neurociencia molecular es heredera de esta tradición científica. Existe una continuidad epistemológica entre ella y sus antecesoras. Hay forma de rastrear su historia, sus conceptos, sus teorías y sus metodologías en ese trasfondo epistemológico del estudio del SN. La neurociencia molecular tiene

---

<sup>4</sup> En 1656, Wharton había asociado las glándulas adrenales (descubiertas en 1552 por Eustachio) con el plexo nervioso (Bennett, 1999a).

<sup>5</sup> La adrenalina se obtuvo como un extracto de la médula adrenal (Pearce, 2009). Su principio activo, el extracto adrenal, fue identificado, y originalmente denominado como epinefrina, por John Abel en 1899 (Bennett, 1999a). “La historia de la adrenalina destaca los principios fundamentales de la transmisión neural por sustancias humerales.” (Bennett, 1999a, p. 159).

una continuidad epistemológica que legitima su existencia como subdisciplina o área de especialización y le confiere cierta autonomía epistemológica. Es decir, es un área de estudios con naturaleza científica propia, pero con una historia compartida. Un área que ha tenido una evolución ordinaria que ha tomado siglos de investigación científica y desarrollo técnico y tecnológico. No hubo generación espontánea en la neurociencia molecular. Ésta se desarrolló como parte de proceso relativamente gradual en el que los diferentes ambientes científicos iban resolviendo y generando nuevos problemas, que requerían de nuevos avances conceptuales, teóricos y metodológicos.

Es por esto que se afirma que hay continuidad y autonomía epistemológica. “Continuidad”, porque la nueva disciplina evoluciona a través de un proceso relativamente gradual en el que otras disciplinas precedentes, y relativamente bien establecidas, van creando las condiciones para que emerjan nuevos conceptos, teorías y metodologías como consecuencia del estudio de áreas de conocimiento hasta ese entonces inexploradas. Estas áreas no siempre se descubren<sup>6</sup>, sino que algunas a veces se crean<sup>7</sup>. En el caso de las neurociencias de corriente abajo, normalmente se descubre<sup>8</sup>; en el caso de las de corriente arriba, normalmente se crean. Y “autonomía”, porque cuando la nueva disciplina ha sido relativamente configurada, ésta adquiere una independencia en cuanto a sus términos, conceptos, teorías y metodologías.

<sup>6</sup> “Descubrir” se refiere a realizar una observación novedosa u original de algún aspecto de la realidad.

<sup>7</sup> “Crear” se refiere a una construcción conceptual o teórica (dependiendo del propósito y del grado de complejidad epistemológico), no siempre necesaria y/o correcta.

<sup>8</sup> Algunos de estos descubrimientos, solo como ejemplos y en orden cronológico, han sido: 1536, Nicolo Massa describe el fluido cerebroespinal (líquido cefalorraquídeo); 1627, William Harvey demuestra el rol del cerebro en el movimiento; 1664, Thomas Willis describe los nervios craneales; 1664, Gerardus Blasius descubre y da nombre a la meninge intermedia “aracnoides”; 1717, Antony van Leeuwenhoek describe la fibra nerviosa en sección transversal; 1781, Felice Fontana describe las características microscópicas del axoplasma en los axones; 1791, Luigi Galvani publica sus hallazgos sobre la actividad eléctrica del SN; 1823, Marie-Jean-Pierre Flourens reporta que el cerebelo controla el movimiento; 1844, Robert Remak describe las seis capas de la corteza cerebral; 1867, Theodore Meynert describe las características histológicas de la corteza cerebral; 1868, Julius Bernstein realiza una medición del potencial de acción 1889, William His acuña el término “dendrita”; 1890, Wilhelm Ostwald descubre la teoría de la membrana de la conducción nerviosa; 1891, Wilhelm von Waldeyer acuña el término “neurona”; 1892, Santiago Ramon y Cajal publica su teoría neuronal. Son centenares (o millares, seguramente) de eventos de este tipo los que han dado forma a esa red continua de *hallazgos que producen más hallazgos*. La información completa, aunque probablemente parcial, puede encontrarse en: *Milestones in Neuroscience Research*. Disponible en: <https://faculty.washington.edu/chudler/hist.html>

La evolución científica de la química y la biología, conjuntamente con desarrollos empíricos en medicina (anatomía), configuraron epistemológicamente la neurología y la neurofisiología. La fisiología del SN, entendiendo “fisiología” hasta este momento como la actividad nerviosa —de neuronas y manojos de neuronas (nervios)— comenzó a consolidarse en un cuerpo epistemológico, científica y filosóficamente bien articulado, a principios del siglo XIX con la ya mencionada publicación de Sherrington, la teoría neuronal de Ramón y Cajal y los hallazgos y teorizaciones de Langley y Elliott sobre los receptores neuronales (López-Muñoz, Boya y Álamo, 2006). El concepto de la sinapsis como una entidad fisiológica (Levine, 2007), la doctrina de la neurona como unidad funcional y estructural del SN y el desvelamiento de los mecanismos electroquímicos implicados en el impulso nervioso no solo fueron una síntesis teórica y experimental de más de 400 años de historia de la neurociencia, sino que fueron el prolegómeno para el establecimiento de una neurofisiología moderna que nutrió los estudios y las disciplinas de corriente arriba.

*La neurona corriente arriba: nivel de tejidos, sistemas celulares y sistemas cerebrales*

Debe precisarse que la neuropsicología, una disciplina que puede considerarse de corriente arriba, comenzó su desarrollo después de la segunda mitad del siglo XIX, antes de la síntesis sugerida. La idea de que la actividad mental depende del cerebro es tan antigua como Hipócrates y no se hace justicia ubicando el surgimiento de la neuropsicología antes o después del siglo XIX<sup>9</sup>. Lo que sí importa es que las neurociencias de corriente arriba solo empezaron a configurar su cuerpo epistemológico con posterioridad a que los estudios sobre neurofisiología y neuroanatomía hubiesen tenido cierto nivel de consolidación teórica y experimental. Decir “corriente arriba de la neurona” significa que estas disciplinas no están interesadas en la actividad genética, celular o molecular de las neuronas *per se*, sino que están interesadas en el producto emergente<sup>10</sup> de la actividad neurofisiológica: la actividad psicológica.

<sup>9</sup> De hecho, dentro de una misma neurociencia, como la neuropsicología, pueden encontrarse continuidades y discontinuidades en su origen y conformación epistemológica como ciencia (Cubelli, 2005).

<sup>10</sup> Decir “emergente” puede ser filosóficamente controvertido e inconveniente. En general, la Ciencia

En el nivel de la actividad neurofisiológica neuronal solo existe un lenguaje: el lenguaje de las ciencias naturales —física, química y biología—. Pero cuando las neuronas se agrupan —no en estructuras del SN Periférico como los nervios, sino en la organización encefálica del SN Central para generar sistemas neuronales corticales y subcorticales— emerge un nuevo tipo de actividad —¿propiedades o procesos? — que da origen al pensamiento y el lenguaje, a las emociones y a la conducta motriz<sup>11</sup>. Una de las principales neurociencias en este nivel es, debido a su historia cercana con la neurología, la neuroanatomía y la neuropatología, la neuropsicología<sup>12</sup>, que surgió con el propósito de comprender la relación entre la actividad cerebral y la actividad psicológica en casos de lesión encefálica.

La historia de la neuropsicología es tan extensa como las reflexiones filosóficas sobre la relación entre cerebro (cuerpo) y la mente (alma). Sin embargo, la publicación de Franz Joseph Gall en 1808<sup>13</sup> sobre la frenología es un buen punto de partida para analizar la situación epistemológica de esta

---

Cognitiva y la Neurociencia Cognitiva comulgan con la idea de que la actividad psicológica (cognitiva, emocional y comportamental en sus múltiples y variopintas formas) depende del funcionamiento cerebral. Sin embargo, no hay consenso si la neurofisiología es suficiente para explicar la actividad psicológica (fiscalismo reduccionista) o si ésta, pese a depender de la actividad neuronal, tiene propiedades independientes y no reducibles a la bioquímica del funcionamiento cerebral. Esta segunda opción continúa dentro de los límites del materialismo siempre que esas propiedades emerjan (superveniencia) de ese funcionamiento. Autores como Thompson (2007) sugieren utilizar conceptos como “procesos emergentes” en vez de “propiedades emergentes”.

<sup>11</sup> Uno de los primeros en discutir científicamente el papel de la corteza cerebral en la mentalidad, el cuerpo estriado en el movimiento y el mesencéfalo en la emoción fue Robert B. Todd, en 1825.

<sup>12</sup> No es fortuito que el término “Neuropsicología” haya sido el cuarto en aparecer, en 1893, con el prefijo “neuro”, precisamente después de los términos “neurología” (1681), “neuropatología” (1853) y “neurofisiología” (1868).

<sup>13</sup> Fechas posteriores relevantes en el mismo siglo fueron: 1824, Marie-Jean-Pierre Flourens reporta sus hallazgos de los efectos de la ablación cerebral sobre el comportamiento; 1825, Jean-Baptiste Bouillaud presenta un caso de pérdida del habla por lesión de los lóbulos frontales; 1836, Marc Dax presenta un artículo en el que discute los efectos del daño del hemisferio izquierdo sobre el habla; 1848, el caso de Phineas Gage; 1855, Bartolomeo Panizza demuestra que los lóbulos occipitales son esenciales para la visión; 1861, Paul Broca ofrece discusiones sobre la localización cerebral; 1870, Eduard Hitzig y Gustav Fritsch descubren el área motora cortical en el perro utilizando estimulación eléctrica; 1874, Carl Wernicke publica sus estudios sobre la afasia; 1876, David Ferrier publica su libro *Las Funciones del Cerebro*; 1889, Sir Victor Horsley describe el mapa somatotópico de la corteza motora del mono; 1909, Korbinian Brodmann describe 52 áreas corticales discretas; 1919, Cecile Vogt sube la apuesta y describe 200 áreas corticales; 1928, Walter Rudolf Hess reporta una “respuesta afectiva” cuando se estimula eléctricamente el hipotálamo; 1936, Egas Moniz hace público su primer trabajo sobre la lobotomía; 1949, Donald Olding Hebb publica *La Organización del Comportamiento: Una Teoría Neuropsicológica*.

neurociencia. Como se dijo líneas atrás, la neurociencia, por definición, estudia la estructura y el funcionamiento del SN. Y la neuropsicología estudia los casos de desorganización del funcionamiento del SN, como las alteraciones de la percepción (agnosias), del lenguaje (afasias), del movimiento (apraxias), de la memoria (amnesias) y demás síndromes neuropsicológicos focales y difusos.

La neuropsicología comulga con una filosofía de la mente materialista. Sin embargo, también acepta el funcionalismo. Es decir, consiente que la actividad psicológica depende de la actividad cerebral (ya que en caso de alteración cerebral se produce una alteración en la actividad psicológica por lo cual tiene que existir algún tipo de superveniencia), pero asume cierta distancia epistemológica (autonomía) de la neurofisiología. Sus conceptos, teorías y metodologías están relativamente dissociados de los conceptos, teorías y metodologías de la neurología, la neurofisiología y la neuroanatomía. En el nivel de la actividad neuropsicológica coexiste un lenguaje anfibológico que conjuga, no siempre adecuadamente, el dominio de las ciencias naturales y el dominio de las ciencias del comportamiento<sup>14</sup>.

Describir y entender la estructura y el funcionamiento de los constituyentes físicos (CF) del cerebro<sup>15</sup> (células nerviosas en general) no representa las mismas dificultades ni tiene las mismas implicaciones que describir y entender la estructura y el funcionamiento de los constituyentes mentales que se derivan (emergen) de aquellos. Estos constituyentes mentales (CM) han recibido múltiples —y no siempre acertadas— denominaciones. Se les conoce en la literatura como procesos cognitivos, funciones cognitivas, actividad neurocognitiva, procesos mentales entre otros. Una de las principales diferencias entre los CF y los CM es que los primeros, esencialmente, se descubren, mientras que los segundos, esencialmente, se crean.

Como se discutió en la sección anterior, los CF del sistema nervioso fueron descubriéndose en una evolución relativamente gradual en la que hubo una continua interacción e interdependencia entre varias disciplinas. Por ejemplo, el desarrollo de la teoría neuronal de Ramón y Cajal fue parte de un

<sup>14</sup> Aquí pueden incluirse: la psicología, la antropología, la sociología y la biología misma.

<sup>15</sup> Técnicamente sería más conveniente hablar del encéfalo, pero el término “cerebro” tiene un uso más extendido, aunque no del todo bien utilizado.

proceso que involucró la teoría celular de Matthias Jakob Schleiden y Theodor Schwann y avances en microscopía, histología y embriología que venían gestándose desde el siglo XVII con los estudios de Robert Hooke, quien fue el primer científico en ver una célula o “pequeñas cajas” como las llamó en su libro *Micrografía* de 1665 (Goss, 1937). Los CF han sido hallazgos, observaciones y descripciones de la realidad material del mundo. Son objetos físico-químicos que pueden descubrirse mediante observación y teorización.

Pero los CM no pueden observarse de ninguna forma ni mediante ningún tipo de tecnología actual<sup>16</sup>. A diferencia de los CF, que forman parte de la realidad objetiva del mundo, los CM forman parte de la realidad subjetiva, intencional, y solo es posible objetivarlos mediante consensos científicos (o sociales) que dependen de algún lenguaje, como los conceptos y las teorías. Es cierto que para el caso de los CF también se crean teorías contrarias. Siguiendo con el ejemplo de la teoría celular, también existieron “explicaciones” alternativas<sup>17</sup> a la célula, como las “fibras” de Haller (1757) o las “vesículas” de Oken (1808), pero éstas fueron solo especulaciones meramente intelectuales, mientras que Schleiden y Schwann desarrollaron todo un programa de investigación empírica soportado en estudios previamente confirmados (continuidad epistemológica) (Goss, 1937).

Si bien es cierto que los llamados “hechos objetivos”<sup>18</sup> responden también a una teoría y que, así entendidos, son entonces también, hasta cierto punto, creaciones subjetivas (la tesis de la carga teórica en la observación [Hanson,

<sup>16</sup> Las técnicas de neuroimagenología solo registran la actividad cerebral, no la actividad cognitiva. Afirmar que la actividad cerebral se corresponde con la actividad cognitiva es asumir una teoría de la identidad laxa —fiscalismo de tipo— o estricta —fiscalismo de casos— (Harley, 2004). Pero, como se está argumentando, esta teoría sobre lo mental es, actualmente, una entre varias teorías.

<sup>17</sup> Un pertinente y relevante caso histórico que ejemplifica la posibilidad de que existan teorías alternativas para “hechos” observables objetivos es la misma teoría neuronal de Ramón y Cajal y Golgi. Entre ambos, pese a compartir del premio Nobel de fisiología en 1906, hubo un conflicto de ideas que generó controversia: el primero estaba convencido de la naturaleza discontinua del tejido nervioso, mientras que el segundo abogaba por una naturaleza continua, reticular. Durante la ceremonia de entrega del premio en Estocolmo, se generó todo un drama con Golgi violentamente atacando a Cajal, cuestionando su teoría neuronal (Barbara, 2010). La controversia se resolvió a favor de Cajal cuando, en 1954 y 1955 y utilizando el microscopio electrónico, Palay, Palade y De Robertis confirmaron la existencia de la sinapsis (López-Muñoz, Boya y Álamo, 2006).

<sup>18</sup> La disputa filosófica en esta materia ondula entre el empirismo lógico y el realismo científico (Olivé y Pérez, 1989).

1977]), el avance de la ciencia va depurando, con la mejora en las técnicas de adquisición y análisis de datos —y ciertamente con ajustes en los conceptos y las teorías—, los caminos. No se está afirmando que todos los problemas de la ciencia se resuelven con más y mejores datos. Solo se está sugiriendo que los programas de investigación científica de las ciencias naturales —y aquí están incluida la neurofisiología y la neurociencia celular y molecular—, debido al alto y encomiable nivel de articulación —dependencia epistemológica<sup>19</sup>— que existe entre ellas, logran evolucionar satisfactoriamente en un proceso en el que existen mecanismos de autorregulación científica que controlan y validan los avances<sup>20</sup>.

Los CM no son datos observables, no por lo menos como lo es una neurona o una sinapsis. Como se ha venido discutiendo, es cierto que para “ver” la neurona tuvieron que pasar muchos años —siglos—, mientras se depuraba la teoría y mejoraban las técnicas de observación. Entonces, en alguna medida también los CF se construyen y no se descubren. Así que no es del todo conveniente intentar encontrar aquí la diferencia entre los CF y los CM, porque es un tema que sigue discutiéndose en la teoría del conocimiento y la filosofía de la ciencia. Lo que sí puede sostenerse con más confianza es que, en la actualidad, el consenso científico y filosófico sobre los CM es menor que el de los CF. La actividad psicológica es, actualmente, un caldo de cultivo para la creación de explicaciones y, por supuesto, pseudoexplicaciones.

### *¿Cómo explican lo que explican (CF y CM) las neurociencias?*

Esta pregunta tiene, de acuerdo con lo presentado hasta ahora, dos respuestas. Una respuesta para las neurociencias de corriente abajo, las de los CF; y otra, hasta cierto punto diferente, para las neurociencias de corriente arriba, las

<sup>19</sup> Esto se refiere a que la evolución de la biología, como ciencia, por ejemplo, ha dependido históricamente de los avances de otras ciencias, como la genética. Es un concepto muy relacionado con el de continuidad epistemológica.

<sup>20</sup> Por eso se afirma que los debates y controversias científicas normalmente (aunque no siempre) se resuelven con mejoras tecnológicas que permiten la adquisición de más y mejores datos. Por ejemplo, pese a las diferentes teorías que surgieron para explicar el origen de las formas de los organismos vivos, solo la teoría de la selección natural de Darwin y Wallace persistió, a pesar de las críticas teóricas y algunos datos objetivos aparentemente contradictorios (Pérez-Aguilar, 2011). Esta teoría no solo ha resistido, sino que se ha visto mejorada con desarrollos de otras disciplinas gracias a que existe compatibilidad entre ella y otras ciencias (Bunge, 1960).

de los CM. El primer tipo de explicación tiene las siguientes propiedades: a) utiliza un solo lenguaje, el de las ciencias naturales; b) tiene una estricta continuidad y dependencia epistemológica; y, c) su autonomía epistemológica está altamente consolidada. El segundo tipo de explicación no utiliza un solo lenguaje, sino que debe recurrir tanto a las ciencias naturales como a las ciencias del comportamiento; la continuidad y la dependencia epistemológica no son tan rigurosas, y la autonomía epistemológica es cuestionable.

Así, la explicación neurobiológica: a) *utiliza el lenguaje de la bioquímica* para describir, comprender y predecir el potencial de membrana (membrana celular, potencial de difusión, permeabilidad selectiva, bomba sodio-potasio, diferencia de potencial y demás), el potencial de acción (potencial electroquímico, excitabilidad, despolarización, canales iónicos, potencial de membrana, potencial de equilibrio, propagación, conducción saltatoria, periodo refractario, y demás) y la sinapsis (botones dendríticos, neurotransmisores, hendidura sináptica, receptores de membrana, uniones gap, vesículas, despolarización, potencial excitatorio postsináptico, segundos mensajeros, neuromoduladores, y demás). b) *Tiene una estricta continuidad y dependencia epistemológica* con la biología celular y molecular, la química, la física y demás ciencias naturales que tienen relación con el estudio de la célula. Aunque esta continuidad y dependencia ha tomado varios siglos de evolución científica, como lo demuestra la historia de la ciencia, en la actualidad las explicaciones sobre los CF son derivaciones, ampliaciones, mejoras y especializaciones de los conocimientos de las ciencias naturales aplicadas al estudio del SN. Y, c) *su autonomía epistemológica está altamente consolidada*, ya que tienen su propio cuerpo conceptual, teórico y metodológico puesto al servicio de sus propios objetos de estudio. Esta autonomía no solo es coherente, sino que es consistente con el avance de las otras ciencias, lo que refuerza su estatus como sistema explicativo válido. Es decir, supera la prueba de la articulación e interdependencia de la ciencia general.

La explicación de la neurociencia cognitiva<sup>21</sup>, por el contrario: a) *no utiliza un solo lenguaje*, sino que debe recurrir tanto a las ciencias naturales como a

---

<sup>21</sup> Este tipo de explicación no es el único de las neurociencias de corriente arriba, pero se tomará como ejemplo porque comparte los aspectos fundamentales de la mayoría de estas neurociencias, por lo menos de las que se adhieren al paradigma del procesamiento de la información, que es la tendencia.

las ciencias del comportamiento. Aquí hay que decir que no existe “la” explicación, sino un conjunto de “explicaciones” con diferentes orígenes que dependen del paradigma y la teoría en cuestión. En el caso del paradigma del procesamiento de la información (PPI), dentro del que se han gestado las ciencias cognitivas, en general, y la neurociencia cognitiva, en particular. El PPI asume que el SNC es un sistema de procesamiento de información que realiza computaciones sobre símbolos para generar toda la gama de procesos mentales (Restrepo, 2019).

Los CM para la neurociencia cognitiva son, básicamente, representaciones que se computan mentalmente, pero que dependen de la arquitectura neuronal del cerebro. “Los procesos mentales superiores se llevan a cabo en esta red a través de la formación de conjuntos celulares: grupos organizados de neuronas altamente interconectadas” (Simon y Kaplan, 1988, p. 18). Los CM pueden ser comprendidos, según la neurociencia cognitiva (Kosslyn y Koenig, 1992), a través de un triángulo que incluye los estudios sobre el comportamiento, la computación y el cerebro. Este triángulo emula en alguna medida al hexágono de la ciencia cognitiva (Gardner, 1985). Así que las neurociencias cognitivas, tanto como las demás ciencias cognitivas, hacen referencia a algo que está más allá de la realidad objetiva de las neuronas y que no puede describirse, comprenderse ni predecirse apelando únicamente a los CF.

b) *tiene una dependencia y continuidad epistemológica de la ciencia cognitiva*. Y la ciencia cognitiva depende de la psicología, la filosofía, la lingüística, la inteligencia artificial y la neurociencia. Sin embargo, esa dependencia y continuidad epistemológica es porosa, frágil y en continua elaboración. Básicamente, por tres razones: primero, porque son muchas disciplinas a las que hay que alinear para tener un cuerpo bien organizado que sirva de soporte; segundo, porque todas esas disciplinas tienen diferentes niveles de madurez epistemológica; y tercero, porque el lenguaje de la mayoría —con excepción del de la neurociencia de corriente abajo— es intencional. Además, la neurociencia cognitiva parte de un supuesto que debería cuestionarse: la idea de que el cerebro es suficiente para explicar los CM (Restrepo, 2019).

Y c) *su autonomía epistemológica es cuestionable* porque, quizás con excepción de la neuropsicología, aunque a ella también pueden imputársele estos

mismos cuestionamientos, no es del todo fácil comprender cómo se conjugan los conocimientos de tantas disciplinas, en el caso de la neurociencia cognitiva —y en el de la neuropsicología cognitiva (Harley, 2004)—, para generar un cuerpo autónomo y coherente de conceptos, teorías y metodologías. Se produce, por el contrario, un híbrido que no deja de tener un regusto a dualismo cartesiano<sup>22</sup>. Por ejemplo, las funciones ejecutivas son un recurso explicativo obligado para comprender una amplia variedad de teorías sobre diversos fenómenos neurocognitivos (Blair y Frith, 2000); sin embargo, más allá de afirmar que estas dependen de la actividad neuronal de ciertas áreas de la corteza prefrontal, no se sabe cómo es que esas neuronas producen ese tipo de funcionamiento psicológico. Si no se ha resuelto el problema mente-cerebro, ¿qué tipo de ciencia es la neurociencia cognitiva? Algunos se atreven incluso a afirmar que es una pseudociencia (Vacariu y Vacariu, 2013).

## Las neuro –*lo que sea* y sus problemas epistemológicos

La expresión “neuro –lo que sea” hace referencia a una tendencia de algunos sectores académicos y no académicos<sup>23</sup> por incluir el prefijo “neuro” en algunos términos y/o disciplinas para ganar legitimidad en sus argumentos, simplemente partiendo de una premisa errónea: que el cerebro es la respuesta a todas las preguntas sobre el ser humano y que las neurociencias ya tienen el panorama completo de lo que es y lo que hace el cerebro. De manera que, como las neurociencias parecen saberlo todo, algunas disciplinas comenzaron a sentir envidia. De hecho, una neuro –*envidia*, una nueva enfermedad académica (Scruton, 2012). En general, una neuro –*manía* (Legrenzi, Umiltà y Anderson, 2011).

De la reflexión de la primera parte del texto debió haber quedado claro que las neurociencias no son un monolito epistemológico perfectamente construido y consumado. Por el contrario, son una estructura fragmentada esen-

<sup>22</sup> En un reconocido manual de neuropsicología cognitiva se afirma que esta disciplina no es una forma de neuropsicología, porque la primera es sobre la mente, mientras que la segunda es sobre el cerebro (Coltheart, 2001, p. 4).

<sup>23</sup> Este fenómeno es conocido como neurociencia popular —*folk neuroscience*— (Vrecko, 2006) o neurocultura (Frazzetto y Anker, 2009).

cialmente en dos sistemas: el primer sistema, las neurociencias de corriente abajo, interesadas en los CF, con un solo lenguaje, una estricta continuidad y dependencia epistemológica, y una autonomía epistemológica altamente consolidada. El segundo sistema, el de las neurociencias de corriente arriba, interesadas en los CM, con notables diferencias científicas y filosóficas respecto al primero. En los dos casos, sin embargo, las explicaciones distan aún de ser definitivas y sigue habiendo más preguntas que respuestas: ni se conoce todo sobre el cerebro, ni hay certeza de que el cerebro sea la respuesta a todas las preguntas (Pérez, 2011; Restrepo, 2019).

De manera que muchas de esas neuro-*lo que sea* no solo parten de una premisa errónea, sino que además sus “explicaciones” están llenas de fallos que surgen básicamente por la falta de comprensión de ciertos aspectos filosóficos y científicos de las neurociencias. Filosóficos, porque se acepta acrítica e irreflexivamente un materialismo reduccionista que se confiesa adepto a la idea de que toda la actividad humana puede ser explicada a través de la estructura y el funcionamiento cerebral. Científicos, ya que se pretenden acoplar muchos de los hallazgos y teorías de las neurociencias a problemas en los que los conocimientos de las neurociencias podrían formar parte de la solución, pero definitivamente no son “la” solución. Por el contrario, retrasan posibles soluciones de otra naturaleza. En el siguiente apartado, se analizarán un caso concreto para demostrarlo.

### *El caso de la neuro-educación*

Como casi todas las tendencias “neuro”, la neuro-*educación* parte de la suposición de que la neurociencia ya tiene las respuestas a las grandes interrogantes de la educación —proceso de enseñanza y aprendizaje—. “La neuroeducación parece ser el cénit del proyecto educativo” (Ocampo, 2019, p. 150). ¿Y cómo no tener las respuestas, si finalmente el aprendizaje depende exclusivamente, piensan algunos, del cerebro? Incluso afirman que el pedagogo debería tener conocimientos sobre la estructura macroscópica y microscópica del cerebro (Campos, 2010). Más allá del interés teórico que pueda despertar la neuroanatomía y la neurobiología, ¿de qué manera podría serle útil este conocimiento

a un pedagogo en un contexto educativo tradicional, como un aula de clase? ¿Cuáles son las neurociencias pertinentes para la educación, las neurociencias de los CF o las neurociencias de los CM?

Cuando profesionales ajenos y no lo suficientemente bien informados en neurociencias pretenden unir estas disciplinas con la educación, es muy probable que se comentan exabruptos epistemológicos que terminan por generar pseudoexplicaciones: falacias fundamentadas en errores científicos y/o filosóficos que quieren hacerse pasar por verdaderos argumentos. Si se requiere un puente para unir estas dos disciplinas (Bruer, 1997), es porque no se ha alcanzado la suficiente continuidad epistemológica entre una y otra como para que sea válido y esté justificado pensar en una *neuro-educación*. No se está afirmando que no exista ninguna relación entre una y otra, lo que se está sosteniendo es que una relación no es suficiente para declarar el origen una nueva disciplina que no tiene la suficiente continuidad ni dependencia epistemológica de las neurociencias.

Entre las neurociencias y la educación hay una gran brecha conceptual, teórica, metodológica y práctica. Las neurociencias que más cerca están de la educación son las de corriente arriba. Comparadas con la neurociencia molecular, la neuropsicología y la neurociencia cognitiva son más pertinentes para la educación. Pero, aun así, ellas están lo suficientemente alejadas epistemológicamente de la educación como para que se requiera de un intermediario: la psicología (Ocampo, 2019). Existe una inconmensurabilidad entre niveles explicativos (Horvath y Donoghue, 2016) que bloquea el tránsito fluido de los niveles inferiores hacia los superiores.

Si solo se aplican los conceptos, teorías y metodologías de la neurociencia sobre la educación, sin que haya una síntesis disciplinar con conceptos, teorías y metodologías propias, derivados de la evolución científica y filosófica de ambas hacia un punto de convergencia epistemológica, la *neuro-educación* no es más que neurociencia —por un lado— y educación —por otro lado—. Pero en la actualidad hay demasiados puentes para cruzar entre ambas (Horvath y Donoghue, 2016). El entusiasmo desaforado, la falta de precaución y la ingenuidad académica han hecho que los pocos o muchos avances de la neurociencia que efectivamente pueden articularse con la edu-

cación se diluyen en un mar de mitos, tergiversaciones y errores (Alferink y Farmer-Dougan, 2010).

Sin tener un cuerpo de conceptos, teorías y metodologías propias que sean el producto de la evolución científica y filosófica de las neurociencias y la educación, no está justificado epistemológicamente hablar de una neuro-*educación* (Patten y Campbell, 2011). Por supuesto que hay una neurociencia celular y molecular del aprendizaje, de la memoria, de la atención, de la percepción y del pensamiento. Y también hay una neurociencia cognitiva y una neuropsicología de estos mismos procesos. La gran mayoría de los escarceos de la neuro-*educación* pueden clasificarse en alguna de esas disciplinas. Es decir, eso que algunos etiquetan como neuro-*educación* se reduce simplemente al discurso de alguna de esas disciplinas sin aportar algo más que pueda ser considerado genuina y legítimamente como un avance epistemológico.

Las neurociencias tienen diferentes objetos de estudio en diferentes niveles de explicación, desde las moléculas hasta el comportamiento. Además, normalmente sus investigaciones se realizan en entornos de laboratorio o entornos clínicos. Pero la educación está centrada en la persona en un escenario concreto, los entornos educativos tradicionales —aulas, escuelas, universidades, institutos—. Reducir el fenómeno educativo, en general, y el fenómeno del aprendizaje, en particular, a un proceso dependiente del cerebro es cometer una simplificación excesiva y filosóficamente cuestionable. Ni los CF del cerebro están todos explicados, ni hay claridad sobre la naturaleza de los CM. Hay perspectivas recientes sobre los CM —cognición corporeizada, cognición situada y cognición distribuida— que no los reducen a la actividad cerebral y los hacen depender del cuerpo, del contexto, de las tecnologías y de los grupos (Restrepo, 2019).

*¿Qué puede esperarse de las neurociencias y las neuro-*lo que sea*?*

El cerebro es un órgano sorprendente y quizás el más complejo de la naturaleza. Pero los seres humanos no son solo su cerebro, tienen un cuerpo, un lenguaje, un sistema simbólico, herramientas y tecnologías de todo tipo; conforman grupos y sociedades altamente organizadas e interactúan en prácticas

socioculturales sumamente complejas. Los genes, las moléculas, las neuronas, las redes neuronales, los lóbulos y los hemisferios cerebrales —CF— son, sin ninguna duda, parte de la explicación de lo que es un ser humano, porque forman parte de su naturaleza. Pero el *Homo sapiens* no es exclusivamente un organismo biológico, sino también un organismo cultural (Restrepo, 2019). Y cualquier explicación que pretenda negar esta condición será, en el mejor de los casos, incompleta, y en el peor, una falacia.

El cerebro humano, integrado con el cuerpo, con las herramientas y tecnologías e insertado dentro de colectivo de otros seres humanos, conforma un sistema cuya comprensión está lejos de las filosofías reduccionistas y los fisicalismos recalcitrantes. En el estado actual de desarrollo, las neurociencias no han resuelto todos sus problemas filosóficos y científicos. Como se dijo, la madurez epistemológica de las neurociencias de los CF está por encima de la de las neurociencias de los CM. Estas últimas han arrastrado problemas filosóficos desde hace siglos y este tipo de problemas —ontológicos y metafísicos— han servido como caldo de cultivo para el surgimiento de teorías y disciplinas con diferentes grados de dependencia, continuidad y autonomía epistemológica<sup>24</sup>

Una explicación, una teoría, o una disciplina, no es neurocientífica únicamente por incluir el prefijo “neuro” dentro del término. La única forma de legitimar algo como “neuro *–lo que sea*” es si supera las pruebas de dependencia, continuidad y autonomía epistemológica. Casi todas las neurociencias de corriente abajo superan la prueba. Pero con las neurociencias de corriente arriba, las de los CM, la situación actual es muy diferente. Esta situación genera un estado epistemológicamente fracturado en las neurociencias, porque la ontología de los CF y la ontología de los CM siguen estando escindidas.

---

<sup>24</sup> Cronológicamente (Muzur y Rincic, 2013): neurocirugía (1904), neurobiología (1906), neuropsiquiatría (1918), neuroendocrinología (1922), neuroquímica (1924), neurorradiología (1938), neurohistología (1947), neurofarmacología (1950), neuroteología (1962), neurociencia (1963), neurogenética (1966), neuroepidemiología (1967), neurooncología (1975), neuroetología (1976), neuropolítica (1977), neuroembriología (1977), neurocardiología (1977), neurotoxicología (1927), neuroimagenología (1983), neurolingüística (1985), neurocomputación (1987), neurofilosofía (1989), neuroinformática (1992), neuroderecho (1995), neuroingeniería (1995), neuroprotésica (1997), neuroenergética (1999), neurogenómica (2001), neuroproteómica (2002), neuroética (2002), neuromarketing (2002), neuroeconomía (2003), neuropedagogía (2004), neurorrobótica (2004) y neuroantropología (2006).

El espíritu del dualismo cartesiano aún habita el cuerpo de las neurociencias. De tal forma que esos esfuerzos, bienintencionados o no, por crear neuro-*lo que sea* tienen, desde un inicio, problemas filosóficos y científicos sin resolver.

## Referencias

- Alferink, L. A., y Farmer-Dougan, V. (2010). Brain-(not) based education: dangers of misunderstanding and misapplication of neuroscience research. *Exceptionality* 18(1), 42–52.
- Barbara, J. G. (2010). La controversia Cajal–Golgi: Stockholm, 1906. *Morphologie*, 94(304), 4-7.
- Bennett, M. R. (1999a). One hundred years of adrenaline: the discovery of autoreceptors. *Clinical Autonomic Research*, 9(3), 145-159. <https://doi.org/10.1007/BF02281628>
- Bennett, M. R. (1999b). The early history of the synapse: from Plato to Sherrington. *Brain Research Bulletin*, 50(2), 95-118.
- Blair, J. y Frith, U. (2000). Neurocognitive explanations of the antisocial personality disorders. *Criminal Behaviour and Mental Health*, 10, S66-S81. <https://doi.org/10.1002/cbm.2000.10.s1.s66>
- Bruer, J. T. (1997). Education and the brain: a bridge too far. *Educational Researcher*, 26(8), 4–16. <https://doi.org/10.3102/0013189X026008004>
- Bunge, M. (1960). *La ciencia, su método y su filosofía*. Buenos Aires: Siglo XX.
- Campos, A. L. (2010). Neuroeducación: uniendo las neurociencias y la educación en la búsqueda del desarrollo humano. *La educación. Revista Digital*, 143, 1-14.
- Coltheart, M. (2001). Assumptions and methods in cognitive neuropsychology. En B. Rapp (Ed.), *The Handbook of Cognitive Neuropsychology: What Deficits Reveal About the Human Mind* (pp. 3-22). Philadelphia, USA: Psychology Press.
- Corredor, K. y Cardenas, F. (2017). Neuro-«lo que sea»: inicio y auge de una pseudociencia para el siglo XXI. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 49(2), 89-90.
- Crick F. (1999). The impact of molecular biology on neuroscience. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 354(1392), 2021–2025. <https://doi.org/10.1098/rstb.1999.0541>

- Cubelli, R. (2005). The History of Neuropsychology According to Norman Geschwind: Continuity and Discontinuity in the Development of Science. *Cortex*, 41(2), 271-274. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(08\)70913-4](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70913-4)
- Frazzetto, G. y Anker, S. (2009). Neuroculture. *Nature Reviews Neuroscience*, 815-821. <https://doi.org/10.1038/nrn2736>
- Gardner, H. (1985). *The mind's new science: a history of the cognitive revolution*. New York: Basic Books Inc.
- Goss, C. M. (1937). The Historical Background of Schwann's Cell Theory. *Yale Journal of Biology and Medicine*, 10(2), 125-144.
- Hanson, N. R. (1977). *Patrones de descubrimiento: observación y explicación*. Madrid: Alianza Editorial.
- Harley, T. A. (2004). Does cognitive neuropsychology have a future? *Cognitive Neuropsychology*, 21(1), 3-16. <https://doi.org/10.1080/02643290342000131>
- Horvath, J. C., & Donoghue, G. M. (2016). A Bridge Too Far – Revisited: Reframing Bruer's Neuroeducation Argument for Modern Science of Learning Practitioners. *Frontiers in psychology*, 7, 377. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00377>
- Katona, G. (2002). The evolution of the concept of psyche from Homer to Aristotle. *Journal of Theoretical and Philosophical Psychology*, 22(1), 28-44. <http://dx.doi.org/10.1037/h0091193>
- Kuhl, E. (2016). Unfolding the brain. *Nature Physics*, 12, 533-534. <https://doi.org/10.1038/nphys3641>
- Legrenzi, P., Umiltà, C., y Anderson, F. (2011). *Neuromania: On the limits of brain science*. New York: Oxford University Press.
- Levine, D. N. (2007). Sherrington's "The Integrative action of the nervous system": a centennial appraisal. *Journal of the Neurological Sciences*, 253(1-2), 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2006.12.002>
- López-Muñoz, F. y Álamo, C. (2009). Historical evolution of the neurotransmission concept. *Journal of Neural Transmission*, 116, 515-533. <https://doi.org/10.1007/s00702-009-0213-1>
- López-Muñoz, F., Boya, J., y Álamo, C. (2006). Neuron theory, the cornerstone of neuroscience, on the centenary of the Nobel Prize award to Santiago Ramón y Cajal. *Brain Research Bulletin*, 70(4-6), 391-405. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2006.07.010>

- Muzur, A. y Rincic, I. (2013). Neurocriticism: a contribution to the study of the etiology, phenomenology, and ethics of the use and abuse of the prefix neuro-, *JAHN*, 4(7), 545-555.
- Ocampo, J. C. (2019). Sobre lo “neuro” en la neuroeducación: de la psicologización a la neurologización de la escuela. *Sophia: Colección de la Educación*, 26(1), 141-169.
- Olivé, L. Y Pérez, A. R. (1989). *Filosofía de la ciencia: teoría y observación*. México: Instituto de Investigaciones Filosóficas / Siglo XXI Editores.
- Patten, K. E., y Campbell, S. R. (2011). Introduction: Educational neuroscience. *Educational Philosophy and Theory*, 43(1), 1–6. <https://doi.org/10.1111/j.1469-5812.2010.00700.x>
- Pearce, J. M. S. (2009). Links between nerves and glands: The story of adrenaline. *ACNR*, 9, 22-29.
- Pérez-Aguilar, L. G. (2011). Evolucionismos y ciencias históricas: darwinismo vs. lamarckismo en arqueología. *SPAL - Revista de Prehistoria y Arqueología*, 20, 23-41. <http://hdl.handle.net/11441/34452>
- Pérez, M. (2011). *El mito del cerebro creador. Cuerpo, conducta y cultura*. Madrid: Alianza Editorial.
- Restrepo, J. E. (2019). *Desarrollo cognitivo: ecología cultural*. México: Manual Moderno.
- Scruton, R. (2012). Brain drain. Neuroscience wants to be the answer to everything. It isn't. Recuperado de: <https://www.spectator.co.uk/2012/03/brain-drain/>
- Simon, H. A. y Kaplan, C. (1988). *Foundations of cognitive sciences: overview*. Pittsburgh, PA: Carnegie Mellon University.
- Tallinen, T., Chung, J. Y., Rousseau, F., Girard, N., Lefèvre, J. y Mahadevan, L. (2016). On the growth and form of cortical convolutions. *Nature Physics*, 12, 588–593. <https://doi.org/10.1038/nphys3632>
- Thompson, E. (2007). *Mind in Life. Biology, phenomenology, and the sciences of mind*. Cambridge: Harvard University Press.
- Toro, R., y Burnod, Y. (2005). A Morphogenetic Model for the Development of Cortical Convolution. *Cerebral Cortex*, 15(12), 1900–1913. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhi068>
- Vacariu, G. y Vacariu, M. (2013). Troubles with Cognitive Neuroscience. *Philosophia Scientiae*, 17(2), 151–170. DOI : 10.4000/philosophiascientiae.864

- Valenstein, E. S. (2002). The Discovery of Chemical Neurotransmitters. *Brain and Cognition* 49, 73–95. <https://doi.org/10.1006/brcg.2001.1487>
- von Bertalanffy, L. (1976). *Teoría general de los sistemas: fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Vrecko S. (2006). Folk neurology and the remaking of identity. *Molecular Interventions*, 6(6), 300-303.