

NEUROCIENCIAS

Luis Miguel Echavarría Ramírez



FONDO
EDITORIAL

NEUROCIENCIAS

Luis Miguel Echavarría Ramírez



FONDO
EDITORIAL

Echavarría Ramírez, Luis Miguel
NEUROCIENCIAS / Luis Miguel Echavarría Ramírez -- 1a ed. -- Lima : Universidad
San Ignacio de Loyola. Fondo Editorial, 2022.
117 p. : cm.

ISBN: 978-612-4370-93-9

1. Neurociencias. 2. Sistema nervioso. 3. Neuroplasticidad

612.8
E18

NEUROCIENCIAS

©Luis Miguel Echavarría Ramírez

Primera edición, marzo de 2022

© De esta edición

Universidad San Ignacio de Loyola

Fondo Editorial

Calle Toulon 330, La Molina, Lima-Perú

Teléfono: 3171000, anexo 3705

Director editorial: José Valdizán Ayala

Coordinadora: María Olivera Cano

Corrector de estilo: Rafael Felices Taboada

Diseño y diagramación: Enrique Bachmann

Revisores externos:

Izabel Hazin

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Ariel Cuadro

Universidad Católica del Uruguay

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2022-02787

Impresión

Publicaciones USIL

Av. Paul Poblet Lind s/n, Sub Lote B, Parcela 1,

Fundo Carolina, Pachacámac.

Abril 2022

Tiraje 100 ejemplares

Se prohíbe la reproducción total o parcial de este libro, por cualquier medio, sin
permiso expreso del Fondo Editorial.

CONTENIDO

Introducción	11
Prólogo	13
1 Historia de las neurociencias	15
2 Neuroética	23
3 Desarrollo ontogenético y filogenético del sistema nervioso	29
4 Las células del sistema nervioso	35
5 Organización del sistema nervioso	41
6 Sistema sensoriomotor	51
7 Las emociones y el sistema límbico	57
8 Neuroplasticidad	63
9 Bioquímica del sistema nervioso: neurotransmisores	67
10 Neuromitos	77
11 Formación en neurociencias	85
12 Recursos didácticos en línea	92
13 Casuística	95
Referencias bibliográficas	105

INTRODUCCIÓN

Desde hace algunos años, el cerebro se ha convertido en uno de los órganos más estudiados por la comunidad científica debido, principalmente, a la gran evolución y desarrollo que ha tenido a lo largo del tiempo. Asimismo, el particular y complejo funcionamiento del cerebro humano, junto con su estructura, resulta un enigma para los investigadores, por lo que se abocan a su estudio de distintas maneras.

Para ello se destinaron muchos recursos, tal es así que, en 1990, por iniciativa de la Biblioteca del Congreso y el Instituto Nacional de Salud Mental de los Estados Unidos, se aprobó el proyecto denominado Década del Cerebro, el mismo que se centró en (1) el incremento en la incidencia de enfermedades cerebrales y mentales de tipo degenerativo, traumático y congénitas; (2) los avances tecnológicos en microscopía y neuroimagen; (3) los avances conceptuales para la comprensión de algunos procesos patológicos, así como el desarrollo de otras ciencias básicas, como por ejemplo la genética o la bioquímica, y (4) los avances en disciplinas intermedias, como la biología molecular o la genética molecular, y que fueron replicados en distintas partes del mundo.

Sin embargo, eso no fue suficiente pues, en el año 2009, el Human Connectome Project, un proyecto destinado a mapear el cerebro, fue financiado por varias instituciones y organismos de los Estados Unidos. De otro lado, en 2013, con el propósito de prolongarse una década, la Unión Europea financió un proyecto médico-científico y tecnológico dirigido a reproducir tecnológicamente las características del cerebro humano, el cual se denominó Human Brain Project.

Para no quedarse atrás, ese mismo año el Gobierno de los Estados Unidos destinó una mayor cantidad de dinero para un nuevo proyecto denominado BRAIN (Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies), dirigido a acelerar el desarrollo y la aplicación de nuevas tecnologías para permitir a los investigadores obtener un mapa dinámico del cerebro que muestre cómo interactúan los complejos circuitos neuronales. Esta iniciativa ha sido catalogada por algunos investigadores como el equivalente del Proyecto del Genoma Humano.

En tal sentido, investigadores de las diferentes ramas de la neurociencia han analizado exhaustivamente cada uno de los procesos y fenómenos que ocurren dentro del cerebro. Y la información y bibliografía que surge —y de la que

disponemos– se encuentra en permanente actualización, pero los estudiantes tienen dificultades para acceder a ello debido al lenguaje que se emplea, pues muchas veces resulta ser un tanto complejo, lo que genera, a su vez, que se deje de lado este maravilloso mundo.

Dada esta situación, y desde la experiencia de la práctica docente, me percaté de que muchos alumnos abandonan o suelen repetir las materias relacionadas con el estudio del sistema nervioso porque, en ocasiones, la presentación de los contenidos por parte del docente se hace abstrusa y, entonces, consideran que es complejo aprenderlos. Por ello, en colaboración con algunos estudiantes, y partiendo de sus necesidades, se desarrolló este material que busca orientarlos en los contenidos teóricos básicos que se suelen abordar desde las neurociencias, con el fin de introducirlos –de una manera breve, sencilla y dinámica– en el complejo, desafiante y fascinante universo del sistema nervioso.

Este material se dirige a estudiantes de Psicología de los primeros ciclos, durante los que se recibe formación elemental en lo concerniente a las bases biológicas del comportamiento. No obstante, puede ser empleado por psicólogos y profesionales de la salud o neurociencia que quieran consolidar y profundizar los contenidos teóricos. Del mismo modo, pueden acceder a ellos los profesionales de formación docente que quieran adentrarse en el conocimiento del sistema nervioso.

En cuanto a la organización del libro, está distribuido en 10 capítulos, cada uno de los cuales empieza con la descripción del *contenido teórico* proveniente de la revisión de investigaciones actualizadas y acompañada, al pie de página, de una descripción de aquellas palabras técnicas empleadas en cada apartado, explicadas de un modo comprensible y sencillo.

Luego del desarrollo de los capítulos se podrá encontrar un apartado destinado a la “formación en neurociencias”, puesto que, como señalamos al inicio, se realizan muchas investigaciones en este campo y los estudiantes necesitan conocer en qué universidades y/o instituciones pueden acceder a un curso de formación, actualización o perfeccionamiento profesional y, de esa manera, alcanzar una alta especialización.

Asimismo, se presenta un espacio en el que se hallará “recursos didácticos en línea” que facilitarán un complemento al aprendizaje a través de direcciones web de asociaciones y organizaciones dedicadas a la investigación en neurociencias, en las que hay juegos, elaboración de material didáctico, videos de expertos, tutoriales, entre otros.

Además, se ha incluido un apartado denominado “casuística”, que muestra reportes de investigaciones y noticias significativas de los dos últimos años, en las cuales se destaca la aplicación de la neurociencia en la vida diaria y el cómo se consolida dicha ciencia. Por último, se ha considerado la bibliografía más relevante utilizada por cada capítulo, para que se pueda profundizar sobre el mismo.

Esperamos que este material, su contenido y la forma de presentación sea de mucha utilidad para el desarrollo y comprensión de las neurociencias, y sobre todo del sistema nervioso, el mismo que facilitará un mejor entendimiento de la conducta humana.

Luis Miguel Echavarría Ramírez

PRÓLOGO

Para mí es un honor prologar este libro de Luis Miguel Echavarría Ramírez, con quien comparto un profundo interés por las neurociencias en general y por la neuropsicología en particular.

Como sostiene Luis en la introducción, hay un extraordinario desarrollo de los conocimientos en el campo de las neurociencias y, al mismo tiempo, un mayor involucramiento de las neurociencias en los más diversos campos de las ciencias de la conducta, de la psicología en particular.

A principios de los años 1900, Ramón y Cajal pudo observar en el microscopio una neurona aislada por primera vez. Este descubrimiento, ocurrido hace tan solo unos 120 años, permitió inaugurar la doctrina neuronal según la cual la neurona es la unidad anatómica y funcional del sistema nervioso. Visto en perspectiva, el crecimiento de las neurociencias en poco más de un siglo es de una enormidad asombrosa.

No hay duda de que los avances de otras disciplinas, la biología en especial (biología celular y molecular, genética molecular y de poblaciones, epigenética), tuvieron una fuerte influencia en el desarrollo de las neurociencias durante gran parte del siglo XX. Es la época dominada por la neurobiología, campo en el que se destacó Eric Kandel (Premio Nobel del año 2000) con investigaciones que permitieron desentrañar los mecanismos neuronales, sinápticos, moleculares y genéticos del aprendizaje no asociativo en el caracol *Aplysia*.

Uno se podría preguntar cuánto interés puede tener para un psicólogo conocer la manera y los mecanismos nerviosos con los que aprende un molusco. Ciertamente, la distancia entre el repertorio de conductas de un molusco y el de un humano es enorme. Tan grande como la distancia entre el número de neuronas y la complejidad organizativa de los sistemas nerviosos de ambas especies. Pero hay cosas que se pueden estudiar en el sistema nervioso de los moluscos y no en el del hombre, al menos en el nivel de detalle con el que se lo hizo. Y los resultados son tremendamente relevantes: esos estudios mostraron que la experiencia cambia los circuitos del sistema nervioso.

El grupo de Kandel mostró los mecanismos de los cambios funcionales en el aprendizaje a corto plazo y de los cambios estructurales de los circuitos en el aprendizaje a largo plazo. Por primera vez se enlazó la experiencia (el aprendizaje) con el cambio estructural del circuito nervioso que, como todo

cambio estructural, requiere la modificación de la expresión de la información genética de las células. Por cierto, una extrapolación de esos datos al comportamiento humano debería ser muy cuidadosa, pero... 1) ¿sería acaso forzado sostener que la experiencia modifica también los circuitos nerviosos del cerebro humano? y 2) la “extrapolación” tan temida resulta cada vez más innecesaria dado que, como se verá en el párrafo siguiente, ahora se puede estudiar el cerebro humano directamente.

Las neurociencias experimentaron un segundo crecimiento espectacular a finales del siglo XX. Pero, esta vez, el impulso provino del desarrollo tecnológico y de la psicología. La computación y la ingeniería permitieron el diseño de instrumentos y técnicas poderosas para el estudio de la función cerebral.

Las técnicas de neuroimagen, las de análisis de potenciales eléctricos y las de estimulación magnética, al ser prácticamente inocuas, permiten estudiar directamente el cerebro humano. Permiten estudiar la actividad del sistema nervioso cuando habla, recuerda, aprende a leer, empatiza, infiere el estado mental de los otros y muchos etcétera. Pero los experimentos que estudian el funcionamiento del cerebro humano durante actividades mentales típicamente humanas requieren de un ingrediente esencial: las teorías, metodologías, modelos experimentales y la base de conocimientos de la psicología.

Al principio fue la psicología cognitiva (neurociencia cognitiva) la que alimentó el desarrollo de los experimentos; más adelante se demandó y se sometió es estudio neural los datos e hipótesis de la psicología del desarrollo (neurociencia cognitiva del desarrollo) y de la psicología social (neurociencia social). Más recientemente, estas últimas ramas de las neurociencias intensificaron su relación con la neuropsicología, disciplina fundada por Paul Broca en 1864, la más clínica de las ramas de las neurociencias, pero que recién amplió y consolidó su estatus científico con la incorporación de los recursos de la psicología (cognitiva, psicometría, lingüística, histórico cultural).

No es ninguna casualidad que muchos de los líderes de los laboratorios de neurociencias que trabajan directamente con la conducta humana sean psicólogos. Por supuesto que no se trata de alentar una mirada corporativa, porque también hay biólogos, lingüistas, matemáticos, médicos (neurólogos, psiquiatras) ingenieros, etc. Desentrañar los misterios de la mente/cerebro humano es una empresa necesariamente interdisciplinaria.

Como señala Luis en la introducción, la iniciación en neurociencias suele ser difícil para los alumnos de Psicología. Y por eso es tan importante la producción de materiales como el presente, ya que buscan acercar a los alumnos a la terminología y a los conocimientos básicos necesarios para abordar los aportes de la neurociencia.

Lo que sí se debe tener en cuenta es que la neurociencia tiene un estatus renovado dentro de la psicología, que ha expandido su contribución y que esta va de lo básico conceptual a lo aplicado (como es el caso de la neuropsicología), que abarca múltiples condiciones (normal y patológico) y todos los grupos etarios (desarrollo, adulto, senescencia).

Mis felicitaciones a Luis Miguel Echavarría Ramírez y a todo el equipo que trabajó para la producción de este material que será, sin ninguna duda, de gran provecho para los estudiantes de Psicología.

Aldo Rodolfo Ferreres

Profesor Titular Regular en la Facultad de Psicología de la Universidad de Buenos Aires (UBA). Director de la carrera de Especialización en Neuropsicología Clínica (Posgrado), Facultad de Psicología UBA. Director de la Maestría en Neuropsicología Infantil, Universidad Nacional de San Martín.



1

HISTORIA DE LAS NEUROCIENCIAS

Según Mora y Sanguinetti (1996, citado en Portellano, 2005), la neurociencia es un campo de estudio multidisciplinar; es decir, se sostiene desde diferentes puntos de vista, como la biología, la neuroanatomía, la genética, la neurofarmacología, la neurología, la psiquiatría, entre otras.

La neurociencia se encarga del estudio del sistema nervioso y de cada uno de sus aspectos, como funciones, estructura, patologías, desarrollo ontogenético y filogenético, etcétera, y de qué manera estos influyen en los procesos cognitivos y en el comportamiento humano.

Desde hace miles de años ya se apreciaba la importancia del cerebro. Por ejemplo, se tiene registro de trepanaciones craneales, una práctica médica que consistía en agujerear el cráneo para eliminar algunas enfermedades. Múltiples referencias de este procedimiento se tienen en Perú, México, Bolivia, Grecia y Francia.

Uno de los primeros elementos que alude a las neurociencias es el famoso “Papiro de cirugía de Edwin Smith” (figura 1), un transcrito del siglo XVII a. C. que describe los síntomas, diagnóstico y pronóstico de dos pacientes con fracturas múltiples del cráneo y en donde la palabra “cerebro” aparece 8 veces (Kandel, 2003).

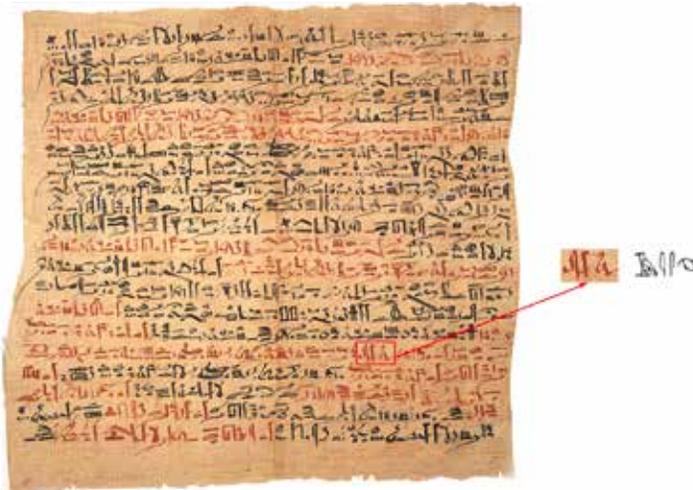


Figura 1. Papiro de cirugía de Edwin Smith, donde aparece la palabra “cerebro”

Por otro lado, en la Edad Antigua, Hipócrates (460-379 a. C.) propuso que el cerebro era el órgano más importante, señalando que “los hombres deberían de saber que del cerebro y nada más que del cerebro vienen las alegrías, el placer, la risa, el ocio, las penas, el dolor, el abatimiento y las lamentaciones”. Por su parte, Aristóteles (384-322 a. C.) afirmaba que el cerebro era el órgano físico que contenía el alma y que el corazón cumplía la función mental.

En el Imperio Romano, Galeno (130-200 d. C.) realizó una serie de experimentos en base a lo expuesto por Hipócrates, y concluyó que el cerebro era el receptor de las sensaciones, el cerebelo se encargaba del control muscular, y los cuatro humores o fluidos vitales se localizaban en los ventrículos del corazón.

Es preciso indicar que en la Edad Media hubo un estancamiento en el avance de la ciencia, pues se abandona la experimentación, y algunos autores consideran a este periodo como el “obscurantismo” porque no se obtienen avances científicos.

Dos aportes significativos en el Renacimiento fueron los de Andrés Vesalio (1514-1564), quien brindó más detalles sobre la estructura cerebral luego de que realizara una gran cantidad de disecciones, y René Descartes (1596-1650), quien buscó diferencias entre la mente –receptora de sensaciones y encargada de ordenar los movimientos– y el cerebro, ambos comunicados entre sí mediante la glándula pineal (Bear, Connors & Paradiso, 2016).

En la Edad Moderna hubo un avance significativo en el estudio del cerebro, resaltando los estudios de Luigi Galvani, quien demostró que el fluido eléctrico procedía del interior del animal, permitiendo con ello entender la naturaleza eléctrica del impulso nervioso.

También destacó Hermann von Helmholtz (1821-1894)¹, que aportó grandes descubrimientos acerca de la fisiología sensorial, escribió algunas obras sobre la acústica y óptica fisiológicas, e inventó el oftalmoscopio, que permitía analizar la retina bajo iluminación directa. En 1850, junto con Clark Maxwell, sometió a prueba la teoría de Thomas Young (1773-1829), quien proponía que la visión del color se basaba en tres distintas fibras nerviosas que, al mismo tiempo, guardaban relación con los colores primarios: rojo, verde y azul, propuestos por Newton. Este experimento dio como resultado la teoría tricromática de Young-Helmholtz sobre la visión de color, vigente en la actualidad (Hothersall & Núñez, 2005).

¹ Helmholtz fue quien propuso medir la velocidad del impulso nervioso.

Es preciso destacar y desarrollar, de manera ligeramente amplia, el enfoque de Franz Joseph Gall (1758-1828), que fuera el más extendido en el mundo. Era innatista y materialista; además, se le podría considerar más conductista que introspectivo.

La psicología de Gall fue funcional; se basaba en la observación de conductas y de prominencias craneales. Él quiso demostrar que las personas con ciertos rasgos fuertes o débiles muy notorios poseen cráneos con abultamientos sobre las zonas que correspondían a dichos rasgos. Fue el primero en afirmar que había una localización precisa de estas facultades en el cerebro (Leahey & Goenechea, 2013), y muchos investigadores emplearon su teoría, denominada frenología, craneoscopía o craneología. Sin embargo, hoy suele ser considerada una pseudociencia.

LA FRENOLOGÍA

Fue una teoría médica del siglo XIX –iniciada por la obra de Gall– que brindó descripciones muy detalladas en las cuales cada instinto o facultad correspondía con un lugar específico en el cerebro y se representaba con un determinado relieve del cráneo. Es decir, la forma y tamaño del cráneo indicaban la mayor o menor capacidad de las personas, el carácter y los rasgos de la personalidad, así como las tendencias criminales.

Gall propuso 27 facultades u órganos que se localizaban en regiones superficiales específicas del cerebro donde eran envueltos por el cráneo, y la presión entre ambos creaba las protuberancias. No obstante, pese a sus minuciosos fundamentos empíricos, tenía numerosas deficiencias (Hothersall & Núñez, 2005).

Posteriormente, Kaspar Spurzheim –discípulo de Gall– realizó una división de los órganos cerebrales en dos grandes grupos: facultades intelectuales (distinguiendo entre sentidos externos, facultades perceptivas y facultades reflexivas) y facultades afectivas (propensiones animales y sentimientos morales). Aunque fue Stanley Grimes quien identificó 37 órganos cerebrales, divididos en tres clases: ipseal, social e intelectual (figura 2).

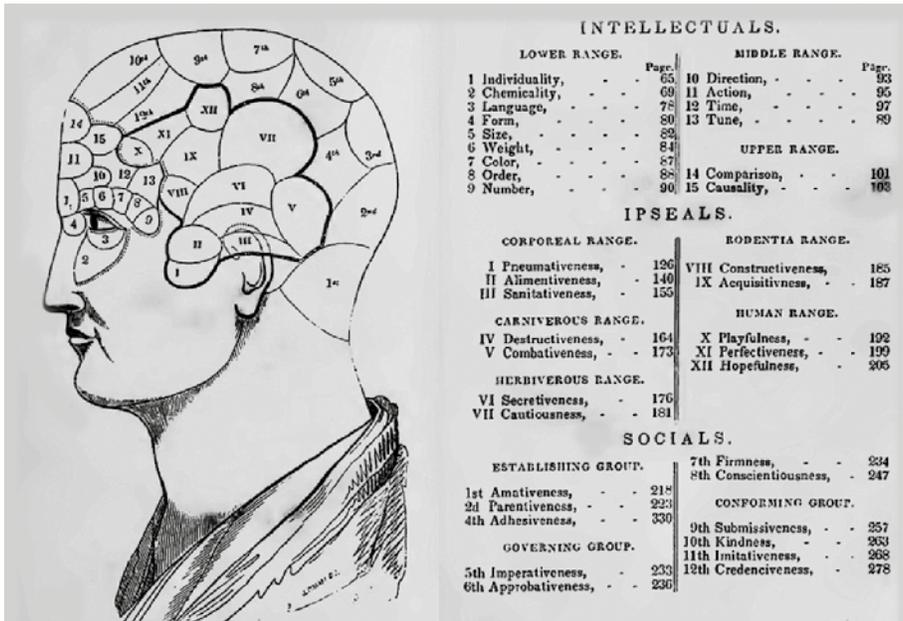


Figura 2. Cabeza frenológica de Stanley Grimes en la que se considera la lista de los 37 órganos cerebrales. García-Molina, A. & Enseñat, A. (2016). "La freno-fisiología de James Stanley Grimes". *Neurosciences and History*.

Haremos referencia también a Marie-Jean Pierre Flourens (1794-1867), quien fue un destacado investigador de las distintas funciones de las estructuras del cerebro. Propuso que este no se trataba de una masa homogénea, sino de un conjunto de diversas partes muy peculiares interconectadas.

Para Flourens, había seis unidades del sistema nervioso central que eran susceptibles de estudio: los hemisferios cerebrales, el cerebelo, los cuerpos cuadrigéminos, el bulbo raquídeo, la médula espinal y los nervios mismos. Su método consistía en analizar el comportamiento de un animal antes y después de extirpar alguna de esas unidades.

Su perspectiva del estudio interno del cerebro le permitió refutar a la frenología. Las conclusiones de Marie-Jean Pierre Flourens demostraron ser aplicables en humanos debido al famoso caso de Phineas Gage.

LA LESIÓN CEREBRAL DE PHINEAS GAGE

Phineas Gage fue un obrero estadounidense de ferrocarriles que, al manipular unos explosivos, sufrió un terrible accidente cuando una barra de metal atravesó su cráneo y lesionó su lóbulo frontal. Tras haberse recuperado de tal suceso, Gage mostró cambios notorios en su temperamento y personalidad. Esto comprobó la relación que tenían estos lóbulos con las emociones, la personalidad y las funciones ejecutivas.



Figura 3. (A) Distintas vistas del cráneo de Phineas Gage, (B) Radiografía del cráneo de Gage, (C) Reconstrucción de la trayectoria del proyectil en el cráneo de Gage. Damasio, H., Grabowski, T. Frank, R. Galaburda, A. & Damasio, A. (1994). *The return of Phineas Gage. Science*.

Destaca, igualmente, Pierre Paul Broca (1824-1880), un médico, anatomista y antropólogo francés que introdujo el término “afemia” (afasia expresiva) para describir la pérdida del habla articulada que había sufrido Leborgne (apodado ‘Tan-Tan’). Sus hallazgos fueron de vital importancia en la polémica de la localización de las funciones en el cerebro. Señaló que solo el hemisferio izquierdo se alteraba cuando se perdía el lenguaje, y desarrolló numerosos instrumentos de medición e índices humanos de antropometría craneal.

En 1874, Carl Wernicke identificó otro tipo de afasia que se debe a una lesión en la parte superior del lóbulo temporal izquierdo. Estaba implicada en la comprensión del lenguaje y se conectaba con el área de Broca.

Es preciso mencionar los trabajos de David Ferrier, que identificó diversas áreas de la corteza en primates, y de Santiago Ramón y Cajal, quien en su doctrina de la neurona escribió que las neuronas son células cerebrales individuales