

Neurofisiología – cátedra 1
Prof. Reg. Adj. a cargo: Nancy China

Introducción
Psicología y Neurociencias

2025

Índice

Preguntas para guiar la lectura.....	página 3
Un dogma y dos corolarios.....	página 4
¿Por qué neurociencias en la formación del psicólogo?.....	página 6
Un intento precursor: la frenología de Gall.....	página 10
Antecedentes de la neurociencia moderna.....	página 13
La neurociencia contemporánea.....	página 17
La psicología y las ramas de las neurociencias.....	página 19
Manipulaciones experimentales en psicología y en neurociencias.....	página 22
Enfoques para en el estudio de las relaciones mente cerebro.....	página 23
Psicología y neurociencias hoy.....	página 25
Referencias.....	página 28

Preguntas para guiar la lectura

A continuación, se plantea una serie de preguntas para dirigir la lectura del presente material; léelas atentamente. Es posible que no tengas los conocimientos suficientes para responder algunas (o muchas de ellas). Sin embargo, podés reflexionar sobre qué se está preguntando y anotar las ideas que te van surgiendo, aunque no constituyan una respuesta formal.

Activar los conocimientos previos, aunque sean insuficientes, es una parte muy importante para aprender nuevos conceptos. ¿Por qué? Porque aprender conceptos implica asociar nuevas ideas a las ideas preexistentes, estructurarlas y darles una nueva organización.

1. ¿Cuál es el dogma o principio general de las neurociencias?
2. ¿Cuáles son los dos principales corolarios o derivaciones del dogma?
3. ¿Por qué los psicólogos necesitan formación en neurociencias?
4. Eric Kandel sostiene que el surgimiento de la neurociencia moderna se alimentó de 5 tradiciones experimentales. ¿Está la psicología entre esas 5 tradiciones?
5. En el estudio de las relaciones mente-cerebro ¿qué enseñanzas deja el fracaso de la frenología de Gall?
6. ¿Por qué se considera que el trabajo de Broca inicia el estudio científico de la relación mente-cerebro en los humanos?
7. ¿Cuáles son las tres fuentes que alimentaron el desarrollo más reciente (actual) de las neurociencias?
8. Hay varias ramas de las neurociencias ¿cuáles son las características de la neuropsicología y de la neurociencia cognitiva?
9. Dentro de las 4 perspectivas/enfoques para el estudio de las relaciones mente-cerebro está la perspectiva patológica. ¿En qué consiste?
10. ¿Cuál es a tu juicio la principal diferencia entre las neurociencias de la época de Pavlov y las neurociencias de hoy?

Psicología y neurociencias

Un dogma y dos corolarios

Las neurociencias parten de un dogma o principio que tiene dos corolarios principales. El dogma dice que la actividad del sistema nervioso subyace a todo tipo de conducta, sea simple (como masticar) o compleja (como pintar un cuadro). Esto también significa que la actividad del sistema nervioso subyace a conductas abiertas y observables (como hablar o manipular una herramienta) y a conductas internas, no directamente observables (como razonar o sentir empatía por otro). Aquí entendemos “dogma” como un punto de partida, como una afirmación general que en sí misma no se somete a comprobación científica, pero cuyos corolarios (es decir, las consecuencias lógicas del principio general) sí son sometidos a prueba científica. Hay dos corolarios que refieren a dos grandes conjuntos de evidencia científica. Podríamos describirlos así:

Si la actividad del sistema nervioso subyace a todo tipo de conducta, entonces:

- 1) Cualquier cambio en el sistema nervioso producirá cambios en la conducta.
- 2) Cualquier cambio en la conducta producirá cambios en el sistema nervioso.

Por cierto, si los corolarios no fueran confirmados por la investigación, el dogma o principio general rector debería abandonarse. Pero ésa no es la situación. El primer corolario recibe una enorme cantidad de evidencia a favor. El segundo corolario se mantuvo esquivo durante bastante tiempo, pero hay evidencia reciente abrumadora a su favor.

Los cambios en el sistema nervioso producen cambios en la conducta

Hay, al menos, dos tipos de cambios en el sistema nervioso que afectan la conducta: las lesiones y las drogas. Las lesiones producen alteraciones de prácticamente todas las funciones mentales y habilidades humanas descritas por la psicología. Estas evidencias son más fuertes cuando las lesiones afectan de manera circunscripta una función o una parte de la misma. Las lesiones pueden producir alteraciones cognitivas: de la percepción, el lenguaje, el movimiento aprendido, la memoria, la atención, la planificación y el control de la acción, etc. Las lesiones también pueden interferir procesos emocionales (como el reconocimiento de las expresiones de miedo en el rostro de los demás) y la conducta social (como la empatía o la capacidad para interpretar el estado mental de los otros). Las drogas producen cambios del nivel molecular en el tejido cerebral. Las drogas, incluyendo las autorizadas y las prohibidas, pueden cambiar el ánimo (mejorar o provocar depresión y manía), la percepción (mejorar o provocar alucinaciones), el juicio (mejorar o provocar delirio y afectar el juicio de realidad), el control de impulsos, la ansiedad, etc. Hay una enorme cantidad de evidencia de que las lesiones y las drogas, es decir, los cambios físicos

estructurales o moleculares del sistema nervioso, producen cambios en la conducta. Toda esta enorme cantidad de datos constituye evidencia a favor del primer corolario.

Los cambios en la conducta producen cambios en el sistema nervioso

Durante mucho tiempo, el segundo corolario contaba con poca evidencia, sobre todo en el estudio de la conducta humana. No resultaba fácil observar cómo un cambio en la conducta (como aprender a leer o calcular), vivir un acontecimiento, experimentar una emoción, etc., podía producir un cambio en el sistema nervioso. Un estudio pionero fue el de Mark Rosenzweig, quien comparó el cerebro de ratas criadas en un ambiente empobrecido (solas en su jaula) con el de ratas criadas en ambiente enriquecido (en jaulas con otras ratas, juguetes, escaleras y túneles). Observó que la corteza cerebral de las ratas criadas en ambientes enriquecidos tenía un mayor número de sinapsis. Ciertamente, era una evidencia fuerte de cómo el ambiente inducía una conducta más activa, la cual provocaba cambios en la corteza cerebral de los animales de experimentación. Pero hay que reconocer que era una evidencia demasiado global y que no podía ser atribuida a ninguna actividad específica. La situación ha cambiado mucho en la actualidad con el uso de las nuevas técnicas de estudio de la actividad cerebral. Los estudios con neuroimágenes funcionales en humanos permiten ahora observar qué regiones del cerebro están más activas mientras el sujeto realiza una determinada tarea psicológica (memorizar, calcular, leer, reconocer emociones, etc.). Una enorme cantidad de estudios con imágenes funcionales cerebrales muestra cómo las más variadas conductas específicas producen cambios específicos en el patrón de actividad del cerebro. Por su parte, también los estudios electrofisiológicos muestran cómo las características de determinados estímulos o la adquisición de cierta habilidad producen cambios en los patrones de las ondas eléctricas registradas. Por ejemplo, los potenciales evocados registrados en el cuero cabelludo de un sujeto experimental, son distintos cuando oye oraciones sintácticamente coherentes y cuando oye oraciones incoherentes. Asimismo, los potenciales generados por la visualización de una palabra escrita son diferentes si quien la mira es un lector inicial o un lector experto. Todos estos estudios aportan evidencia acerca del segundo corolario, según el cual cualquier cambio en la conducta produce un cambio en el cerebro.

En síntesis, las evidencias son favorables a los dos corolarios: los cambios en el cerebro producen cambios en la conducta y los cambios en la conducta producen cambios en el cerebro. El dogma o principio rector de las neurociencias (la actividad del sistema nervioso subyace a todo tipo de conducta) puede mantenerse porque de la investigación científica de sus corolarios no surge evidencia en contra.

¿Por qué neurociencias en la formación del psicólogo?

¿Por qué los profesionales que se dedican a la clínica o a la investigación en cualquier área del comportamiento¹ tienen que tener al menos una formación mínima en neurociencias? Hay dos tipos de razones: unas tienen que ver con la formación conceptual y otras, con las demandas actuales del ejercicio profesional.

Aportes de las neurociencias a la formación conceptual del psicólogo

Se suele afirmar que el psiquismo humano está multideterminado biológica, psicológica y socioculturalmente. Por lo tanto, se deduce que el conocimiento de cómo funciona el cerebro contribuiría “necesariamente” al conocimiento de la psiquis. Pero ¿los datos y explicaciones del nivel neurobiológico son realmente importantes para la psicología? No todas las personas que trabajan en psicología están dispuestas a tomar como válidos los aportes de las neurociencias para modificar las teorías psicológicas. Una parte de esta desconfianza tiene su origen en posiciones de reduccionismo biológico. Estas posiciones reduccionistas se basan en experimentos en animales y proponen explicaciones biológicas que se generalizan para explicar fenómenos psíquicos humanos. Esto era más frecuente en el pasado; un ejemplo conocido es el intento de aplicar la “doctrina de Pavlov” a los campos de la psicología humana y la psiquiatría. Este tipo de intentos fallaban porque no se consideraban de manera adecuada las diferencias entre especies, e incluso porque muchas veces se sobrevaloraba el papel del mecanismo descubierto en la misma especie estudiada (por ejemplo, al sobredimensionar el papel de los reflejos condicionados en la conducta del perro e ignorar otros aspectos de su conducta y del funcionamiento de su cerebro). Este tipo de generalizaciones erróneas es menos frecuente en la actualidad debido a que se sabe bastante más sobre el comportamiento y los sustratos cerebrales de la conducta de muchas especies, en particular de las utilizadas en los experimentos. Además, los estudios comparativos entre especies tienen en cuenta tanto las similitudes como las diferencias, a nivel comportamental y neural. Estas similitudes y diferencias son importantes para aplicar una perspectiva evolutiva en el estudio y la explicación de las capacidades humanas, como se verá más abajo.

Una polémica posterior focalizó en la utilidad de los datos (biológicos) del propio cerebro humano para analizar las teorías y modelos psicológicos. Esta polémica cobró impulso durante los años 1950-1960, en los inicios de la psicología cognitiva, y se planteaba explícitamente que los datos cerebrales eran demasiado toscos para ponerlos en contacto con las teorías y modelos psicológicos. Efectivamente, en esos años los datos anatómicos

¹ Aquí, utilizamos el término comportamiento en su sentido más general, que incluye tanto los aspectos manifiestos de la conducta como los procesos internos no observables (muchas veces denominados procesos psicológicos subyacentes).

de localización cerebral se obtenían por métodos muy poco precisos², y los datos electrofisiológicos estaban restringidos al uso del electroencefalograma y, en pocos casos, de la estimulación intraoperatoria de la corteza cerebral³. Aunque la neuropsicología⁴ produjo mucha información relevante sobre la base cerebral de las funciones cognitivas humanas, realmente resultaba difícil y poco informativo poner en contacto los datos neurales con los finos experimentos y los modelos detallados de la psicología cognitiva humana de esos años. Es cierto que en ese tiempo ya se habían producido avances muy importantes en la investigación fisiológica de aspectos básicos del sistema nervioso. Ya se había comenzado a desentrañar los secretos de la neurona, las sinapsis y los potenciales de membrana. Pero los avances en esta dimensión del sistema nervioso se encontraban (y se encuentran) a una gran distancia de las preocupaciones centrales de la psicología, ya que funciones como la memoria, la atención, el lenguaje, el afecto, la consciencia, no dependen de la actividad de una neurona o de un grupo pequeño de neuronas. Y unos pocos años más tarde, los estudios neurobiológicos comenzaron a relacionar los cambios en ciertas sinapsis con conductas sencillas, pero bien definidas (por ejemplo, el aprendizaje no asociativo en el molusco *Aplysia*). Esos primeros pasos, aún con su aparente sencillez, ya mostraban cómo las unidades más básicas (neuronas y sinapsis) se integraban en niveles de organización más complejos (circuitos y sistemas), generando la emergencia de nuevas propiedades de procesamiento que no resultaban de la suma simple de los mecanismos que gobiernan los niveles inferiores (neurona y sinapsis).

El panorama actual en neurociencias es muy diferente al de hace tan sólo 40 años. Un aspecto fundamental es que, a partir de los años 1970, comenzaron a desarrollarse poderosas técnicas de estudio de la función cerebral. Hay tres tipos de técnicas que contribuyeron a producir un cambio de calidad en el estudio de las relaciones mente-cerebro. En primer lugar, las **técnicas de imágenes cerebrales** permiten observar en vivo

² Los datos de localización se obtenían, en vivo, por métodos indirectos y poco precisos (como la arteriografía cerebral y la neumoventrículografía). Postmortem, la autopsia del cerebro proporcionaba datos más precisos, pero se correlacionaba la conducta observada cuando el paciente estaba vivo con la localización de la lesión después de muerto.

³ Wilder Penfield fue pionero en el estudio de la estimulación cortical en humanos en los años 1940-50. Las exploraciones se realizaban en pacientes que debían someterse a una operación neuroquirúrgica. El tejido cerebral no es sensible al dolor; si se aplica anestesia local, se puede abrir el cuero cabelludo, el cráneo y las meninges y estimular la corteza cerebral mediante una pequeña corriente eléctrica, con el paciente despierto. Con cada estimulación, se le preguntaba al paciente qué sentía; se observaba si había movimientos o si se producía la interferencia sobre una conducta (por ejemplo, la producción de habla). Penfield trazó mapas de anatomía funcional de la corteza humana como el homúnculo motor (que, en reconocimiento, lleva su nombre).

⁴ Como veremos más adelante, la neuropsicología es una disciplina que estudia el efecto de las lesiones cerebrales sobre las funciones psicológicas complejas (como la atención, la memoria, el lenguaje, etc.).

las estructuras y el funcionamiento del cerebro humano. Hoy es posible observar qué áreas de la corteza se activan durante tareas como hablar, leer, memorizar o, incluso, pensar sobre cómo se sentirá tu amigo si lo echan del trabajo. En segundo lugar, las **técnicas electrofisiológicas** permiten medir y analizar los potenciales eléctricos que se generan durante tareas como, por ejemplo, reconocer una palabra escrita o analizar la coherencia sintáctica de una oración. En tercer lugar, las **técnicas de estimulación magnética o eléctrica transcraneana** (a través del cuero cabelludo) permiten interferir o estimular la actividad de regiones circunscriptas de la corteza cerebral para observar su efecto sobre habilidades psicológicas como hablar, contar, razonar, etc.

Estas técnicas han expandido el conocimiento sobre el sistema nervioso humano, han estimulado cambios conceptuales en la comprensión de su funcionamiento y han posibilitado una interacción con la psicología impensada hace no demasiados años. Hoy es posible relacionar los datos, los métodos y las teorías neurocientíficas con los datos, los métodos y los modelos teóricos de la psicología. Las neurociencias interactúan hoy con ramas importantes de la psicología como la psicología cognitiva, la psicología del desarrollo, la psicología educacional y la psicología social. Una enorme cantidad de tópicos de la psicología son objeto de indagación neurocientífica: desde funciones básicas como la memoria, el lenguaje y la atención, hasta las bases cerebrales del conocimiento conceptual, la manipulación de imágenes mentales, las conductas voluntarias y las no conscientes, el aprendizaje de la lectura y las matemáticas, la conducta social, la autoconciencia, etc. Lo mismo puede decirse de la patología, terreno en el que la neuropsicología y la psicofarmacología hacen aportes sustanciales para la comprensión y el tratamiento de los déficits producidos por las lesiones cerebrales, los trastornos del neurodesarrollo (como el autismo) y trastornos como la depresión o la esquizofrenia.

En síntesis, en cuanto a la formación conceptual, las psicólogas y los psicólogos necesitan adquirir fundamentos de neurociencias porque estas disciplinas conforman una de las fuentes que aportan explicaciones sobre la mente y la conducta humanas.

Aportes de las neurociencias a la formación profesional del psicólogo

El segundo grupo de razones es de naturaleza profesional. El avance de las neurociencias produjo en algunas personas la idea errónea de que la psicología vería reducido su campo profesional. Sin embargo, la situación es exactamente la contraria. La aceptación de ramas como la neuropsicología, por ejemplo, expande la demanda de prácticas clínicas psicológicas y de otras profesiones relacionadas. Hay consenso creciente acerca de que las personas con lesión cerebral deben ser adecuadamente diagnosticadas y tratadas. Cuando las lesiones cerebrales afectan las funciones cognitivas y la conducta, una parte sustancial del diagnóstico clínico detallado y del tratamiento rehabilitador está a cargo de

profesionales que trabajan con la conducta. Una tomografía de cerebro permite identificar con bastante precisión la localización de las lesiones producidas por un traumatismo de cráneo, pero no permite diagnosticar qué tipo de déficit de memoria, de atención o de desorganización de la conducta están presentes en la o el paciente. Para eso se requiere estudiar la memoria, la atención, las funciones ejecutivas del o de la paciente a través de pruebas (tests), cuestionarios y entrevistas, y la repercusión de estos déficits en su vida cotidiana y social. Del mismo modo, en la intervención, algunos síntomas (como la ansiedad, la depresión, la impulsividad, la agresividad) pueden mejorar con psicofármacos adecuadamente administrados y con técnicas de intervención psicológica. Por otro lado, la rehabilitación de la memoria, el lenguaje, la atención, etc., es una intervención psicológica, que opera sobre la conducta.

Desgraciadamente, muchas personas sufren lesiones cerebrales en todas las edades de la vida. Los traumatismos de cráneo afectan frecuentemente a gente joven (20 a 35 años), el infarto y la hemorragia cerebral ocurren en personas adultas económicamente activas (50 a 60), las demencias degenerativas afectan a un número importante de pacientes de la tercera edad (más de 60 años). También las niñas y los niños pueden verse afectadas y afectados por trastornos claramente cerebrales (lesiones del sistema nervioso, discapacidad intelectual de causa genética o malformativa) o con fuertes evidencias sobre su origen cerebral (como el autismo, la disfasia, los trastornos específicos del aprendizaje).

Por su parte, el desarrollo de nuevos neuro y psicofármacos, lejos de desplazar las intervenciones psicológicas, trae aparejada la necesidad de una evaluación más cuidadosa de sus efectos beneficiosos y perjudiciales sobre la conducta y la cognición de las y los pacientes. Sin duda, hay visiones interesadas en absolutizar el valor de los indicadores biológicos de los trastornos (las neuroimágenes, el dosaje de metabolitos, la identificación de genes) en reemplazo de las medidas conductuales (los cuestionarios, los tests o las entrevistas psicológicas). Y también hay intereses en promover formas excluyentes de intervención farmacológica para tratar los síntomas de origen mental. Hay hábitos e ideologías hegemónicas en muchos ámbitos de la salud que menosprecian la función de las intervenciones no biológicas, tal como las que practican las y los profesionales de la psicología, la terapia ocupacional, la fonoaudiología, la psicopedagogía, etc. Sin embargo, esas posiciones, aunque desgraciadamente frecuentes, no son convalidadas por la investigación científica. Todo lo contrario, los avances en el conocimiento de los mecanismos biológicos de algunas enfermedades neurológicas y psiquiátricas, y hasta el refinamiento de la misma psicofarmacología, exigen cada vez más la utilización de evaluaciones e intervenciones psicológicas. El consenso científico actual es que las buenas prácticas clínicas en estos trastornos requieren la intervención de equipos

interdisciplinarios en los que las y los profesionales de la psicología y otras disciplinas que trabajan con la conducta tienen un rol insustituible.

En resumen, desde el punto de vista del ejercicio profesional, el desarrollo de las neurociencias, de la neuropsicología en particular, ha consolidado y expandido, como área clínica de la psicología, el diagnóstico y el tratamiento de los déficits cognitivos y conductuales de las y los pacientes con distintos tipos de lesiones cerebrales y también de trastornos clásicamente considerados como psiquiátricos. Esta expansión del campo clínico de la psicología afirma la necesidad de una formación adecuada en los aspectos básicos de las neurociencias y la neuropsicología.

Un intento precursor: la frenología de Gall

Hace unos 200 años, a comienzos del siglo XIX, hubo un intento pre-científico, pero también precursor, de relacionar la mente y el cerebro. Analizaremos aquí este intento, en parte por su valor histórico, pero sobre todo porque ilustra el tipo de problemas que hay en la investigación de las relaciones entre los procesos mentales y la actividad cerebral.

El intento se conoce con el nombre de frenología. Uno de sus fundadores, el médico austríaco Franz Gall (1758-1828), sostenía dos ideas generales. En primer lugar, afirmaba que la mente tenía una base biológica: el cerebro. En segundo lugar, manifestaba que la mente no era unitaria, sino que consistía en una colección de “facultades”. Es interesante notar la vigencia de estas dos ideas. Con respecto a la primera, en el mundo científico actual hay consenso acerca de que el cerebro es el sustento biológico de la actividad mental. En cuanto a la segunda, algunas corrientes psicológicas actuales (la psicología cognitiva, en particular), sostienen que la mente posee componentes de procesamiento relativamente autónomos⁵, de manera que también la segunda idea tiene vigencia. Sin embargo, hay dos aspectos de la propuesta de Gall que no se sostienen: su listado de facultades y su idea de localización cerebral. Las “facultades” propuestas por Gall pueden verse en la figura 1 que reproduce uno de los típicos mapas frenológicos en los que se relacionan una lista de facultades con una región del cráneo. Dentro de la lista puede encontrarse al “lenguaje” y el “cálculo”, pero también características como “amor a la vida”, “patriotismo” e “intrepidez”. Esta lista de facultades constituye de hecho una suerte de teoría psicológica acerca de cuáles son las funciones mentales. Nadie sostiene en la actualidad que la mente esté compuesta por esta lista de “facultades psicológicas”. Con respecto a la localización, Gall pensaba que las áreas del cerebro eran como músculos, que aumentaban de tamaño con el ejercicio. En consecuencia, sostenía que el tamaño relativo del área del cerebro

⁵ Jerry Fodor, en su obra “La modularidad de la mente” (1983), retoma (y modifica) la afirmación de Gall al postular una división de la mente en sistemas analizadores de entrada y sistemas centrales. Considera a los primeros como componentes modulares que funcionan de manera autónoma.

asociada a determinada facultad aumentaba con la importancia relativa que dicha facultad psicológica tenía en cada persona. Y como el crecimiento cerebral producía protuberancias en el cráneo, éstas reflejaban las habilidades mentales y los rasgos particulares de cada individuo (¡sobre esta base, se hacía una suerte de psicodiagnóstico a través de la palpación de las protuberancias craneales!!).

NOMENCLATURE ET TOPOGRAPHIE

D'APRÈS SPURZHEIM

ET M. DOMOUTIER.

- A Alimentivité.
N Amour de la vie.
1 Amasivité.
2 Philogéniture.
3 Habitativité.
4 Affectionivité.
5 Combativité.
6 Destructivité.
7 Secrétivité.
8 Acquisivité.
9 Constructivité.
10 Estime de soi.
11 Approbativité.
12 Circonspection.
13 Bienveillance.
14 Religiosité.
15 Fermeté.
16 Conscienciosité.
17 Espérance.
18 Merveillesité.
19 Idémité.
20 Gaïeté.
21 Imitation.
22 Individualité.
23 Configuration.
24 Étendue.
25 Pesanteur.
26 Coloris.
27 Localité.
28 Calcul.
29 Ordre.
30 Éventualité.
31 Tens.
32 Tonalité.
33 Langage.
34 Comparaison.
35 Causalité.

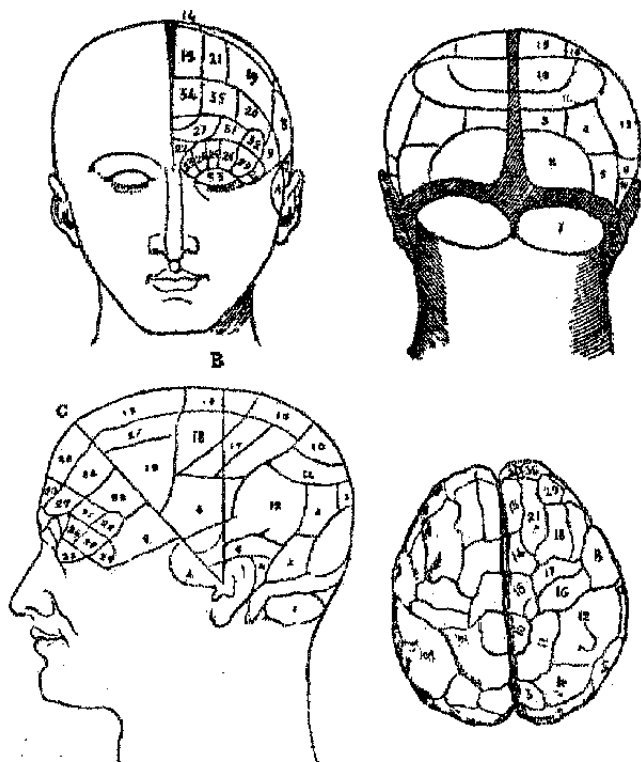
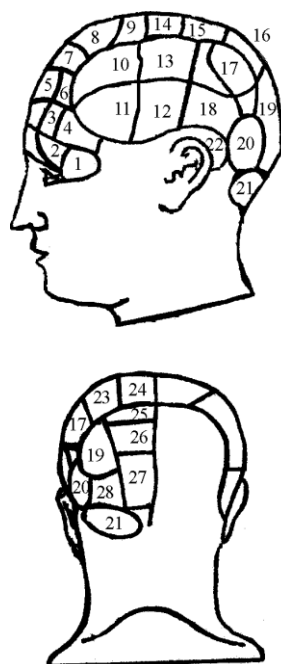


Figura 1

Arriba, copia de un mapa frenológico reproducido por Benton (1975). A la derecha, mapa frenológico reconstruido por Luria (1972). Parcialmente modificados.



- 1 Cálculo
2 Orden
3 Tiempo, Medida
4 Modulación
5 Causalidad
6 Ingenio
7 Agresividad
8 Mimetismo
9 Confianza
10 Sutileza
11 Habilidad
12 Instintos
13 Autivaloración
14 Esperanza
15 Conciencia
16 Amor propio
17 Precaución
18 Simulación
19 Amistad
20 Belicocidad
21 Amor sexual
22 Instintos destructivos
23 Modestia
24 Orgullo
25 Veracidad
26 Amor al hogar, Patriotismo
27 Amor a los niños
28 Matrimonio
29 Intrepidez

Hoy, la propuesta de Gall parece ingenua y poco fundamentada, incluso grotesca, pero a él casi le cuesta la vida. Tuvo que huir de la ciudad de Viena en dos oportunidades (la segunda, condenado a muerte) por sostener que la mente tenía alguna relación con el cuerpo. Para valorar la propuesta de Gall hay que considerar el momento histórico en que trabajó, no sólo porque requería valentía (sostener que la mente tenía una base biológica desafiaba al poder religioso de la época), sino también por la pobreza de antecedentes en los que podía apoyarse. ¿Y de dónde surgían sus ideas? Gall había reparado en que las personas suelen mostrar importantes diferencias entre sus habilidades mentales: algunas tienen buena memoria verbal, pero son deficientes en la memoria de los lugares, y otras muestran el patrón opuesto. Si la mente fuera unitaria, razonaba, los individuos mostrarían un mismo nivel de habilidad para cada facultad; si son brillantes para el lenguaje, deberían serlo también para las matemáticas y para la danza, cosa que es más la excepción que la regla. Gall también dio mucha importancia a la existencia de familias con capacidades excepcionales, familias de músicos y de matemáticos, y supuso un carácter hereditario, y por lo tanto biológico, de las habilidades mentales. También tenía conocimiento de que las lesiones cerebrales podían afectar algunas facultades mentales sin comprometer otras, lo que no sería posible si la mente fuera unitaria e independiente del cerebro. La propuesta de Gall fue el primer antecedente de la llamada corriente **localizacionista**, que sostiene una larga contienda hasta nuestros días con el enfoque opuesto, el **globalista**.

Hoy, que podemos discutir sobre las relaciones mente-cerebro sin el riesgo de que nos aten al poste de la hoguera⁶, ¿qué enseñanzas podemos extraer de la propuesta de Gall? En primer lugar, podemos constatar que sus dos ideas generales resultaron intuiciones precursoras, vigentes en la actualidad. Nadie discute en el medio científico que las funciones mentales están relacionadas con el cerebro, y también hay enfoques psicológicos actuales que sostienen que la mente está conformada por componentes (funciones, capacidades, habilidades, módulos) relativamente autónomos. En cambio, los “detalles” de la propuesta (la “esperanza” localizada en una parte del cráneo) se consideran fantasiosos e insostenibles. ¿Por qué falló Gall en esos detalles? Por un lado, el listado de facultades mentales de Gall no surge de una teoría psicológica coherente y apropiada; ninguna teoría psicológica actual sostiene que la “esperanza” es una función o facultad mental. Pero tampoco la teoría neural era apropiada. Gall veía al cerebro como un mosaico arbitrario de zonas y lo comparaba con el músculo, un tejido que está muy lejos de tener la complejidad estructural del cerebro. Gall fallaba en la forma en que analizaba y conceptualizaba la conducta (teoría psicológica) y fallaba en la forma en que conceptualizaba el cerebro (teoría neural). Lo que enseña la experiencia de Gall es que para avanzar en el estudio de las

⁶ Sin embargo, es fundamental no olvidar que durante la dictadura cívico-militar de 1976 a 1983, la psicología era considerada “peligrosa” y “subversiva” y, de hecho, llegó a disponerse el cierre de las carreras de psicología en las universidades públicas.

relaciones mente-cerebro se necesita una teoría psicológica robusta y una teoría neural también sólida. De hecho, plantear la relación mente-cerebro consiste en relacionar una teoría psicológica con una teoría neural.

Antecedentes de la neurociencia moderna

Todo ser humano tiene la clara percepción de poseer una mente y un cuerpo. Es posible que esta experiencia tan singular, en un animal provisto de un poderoso instrumento de comunicación y razonamiento como el lenguaje, sea la causa de que la pregunta sobre la relación cuerpo-espíritu se haya planteado tan tempranamente en la antigüedad. Las reflexiones sobre la relación mente-cuerpo tienen una tradición filosófica antigua y siguen siendo uno de los problemas fundamentales de la filosofía. En cambio, el estudio científico de la relación mente-cerebro es más reciente. Pero volviendo a los antecedentes, encontramos referencias a la relación mente-cuerpo en la medicina antigua egipcia⁷ y griega. Hipócrates sostenía, 300 años antes de cristo, que el cerebro era el órgano del raciocinio (el “director del espíritu”) y que el corazón era el asiento de los sentimientos. El famoso médico griego, aunque mantenía la dicotomía entre razón y emoción, fue el que sugirió por primera vez que la mente se relacionaba con el cerebro. Claro que la empresa no era sencilla, no sólo por las dificultades técnicas y metodológicas para estudiar un órgano tan complejo. También por las implicancias ideológicas y políticas que suponía tratar la mente como una entidad natural. De hecho, durante todo el medioevo occidental dominado por la religión y la iglesia, fue prácticamente nada lo que se avanzó y bastante lo que se ocultó: entre otras cosas se sepultaron las mencionadas ideas de Hipócrates.

El dualismo cartesiano

La obra de René Descartes (1596-1650), matemático, físico y filósofo francés, y sus ideas acerca de la relación mente-cerebro conocidas como dualismo cartesiano, sirvieron para habilitar a las ciencias naturales a la exploración científica del cuerpo humano, incluyendo buena parte del sistema nervioso, pero excluyeron a la mente. Descartes consideraba al cuerpo como una maquinaria que podía ser estudiada por las ciencias naturales, conocía la naturaleza involuntaria de la acción refleja y sostenía que el cerebro, animado por la sangre, era el órgano o asiento del sentido común, la imaginación y la memoria. Sin embargo, lo mental no podía ser estudiado como un fenómeno físico; así lo sostiene, por

⁷ Los médicos del Egipto antiguo sabían que para salvar la vida de quien había recibido un fuerte golpe en la cabeza era necesario practicar una trepanación (perforación) en el cráneo y evacuar la sangre acumulada. En un papiro de más de 3000 años de antigüedad, se señalaba que, si el paciente tenía paralizada la mitad del cuerpo, la trepanación debía realizarse del lado derecho, mientras que, si además de parálisis el paciente perdía el habla, la trepanación debía practicarse del lado izquierdo. Anticipaban empíricamente, sin saberlo, lo que hoy conocemos como especialización del hemisferio izquierdo para el lenguaje.

ejemplo, al diferenciar el acto reflejo del dolor de su percepción. Según Descartes, cuando el fuego calienta la piel, los receptores del calor envían un mensaje que viaja a través de los nervios hasta la columna vertebral donde conectan con nervios que activan los músculos adecuados para retirar el miembro afectado. Simultáneamente, se envían mensajes hacia el cerebro, lo que permite percibir conscientemente el dolor. Para Descartes, la conducta refleja y sus circuitos eran un objeto físico adecuado para la investigación científica; en cambio, la experiencia subjetiva consciente del dolor era de una naturaleza completamente diferente, no física, no medible y, por lo tanto, no adecuada para la investigación científica. El mundo físico y el mundo mental eran entidades esencialmente diferentes, claramente separadas. La mente era una entidad extracorporal que se ponía en contacto con el cuerpo a través de la glándula pineal del cerebro. El dualismo cartesiano funcionó como una suerte de pacto implícito que habilitaba el estudio científico del cuerpo, pero negaba el mismo estatus a la mente, la cual quedaba bajo el férreo dominio teológico aún durante el siglo XIX (cuando las afirmaciones de Gall despertaron la ira de los poderes religiosos). Hoy, esa ira parece un gesto ridículo, pero logró congelar el progreso en el estudio científico de la mente y el cerebro durante más de 1000 años.

Localizacionistas y globalistas

Un aspecto de la obra de Gall era su enfoque “localizacionista”, es decir, la idea de que las funciones psicológicas (las “facultades mentales”, según sus términos) dependen de áreas delimitadas del cerebro. El enfoque “globalista” sostiene lo contrario, es decir, que la mente depende de la actividad conjunta de todo el cerebro. Gall nunca había utilizado un método científico para sostener sus afirmaciones localizacionistas, pero el fisiólogo francés Pierre Flourens sometió sus afirmaciones a prueba experimental. En 1828, la Academia de Ciencias de París, por orden de Napoleón Bonaparte, le pidió a Flourens que investigue el tema. El fisiólogo francés fue pionero en utilizar el método lesional experimental para estudiar la conducta. Realizaba lesiones localizadas en el cerebro de conejos y palomas para observar sus efectos sobre el movimiento, la sensibilidad y el comportamiento. Pudo demostrar que las grandes divisiones de sistema nervioso eran responsables de diferentes funciones: la eliminación de los hemisferios cerebrales abolía las percepciones, la motricidad y el juicio; la eliminación del cerebelo afectaba el equilibrio y la coordinación motora y la destrucción del bulbo raquídeo causaba la muerte. Flourens sostenía que los hemisferios cerebrales eran responsables de las funciones cognitivas, pero tal vez por el tipo de lesiones y animales experimentales que utilizó, no encontró regiones específicas para la memoria y la cognición. Por lo tanto, concluyó, contrariamente a Gall, que la percepción, la imaginación y el afecto forman parte de una facultad mental única. Flourens no negó la relación de la mente con el cerebro, sino la manera en que la mente y el cerebro se relacionaban, y además recurrió a la experimentación como recurso para zanjar la

discusión. De esta manera, ambos escribieron el primer capítulo de una polémica que dura hasta nuestros días: localizacionistas vs. globalistas (o antilocalizacionistas).

Broca y el nacimiento de la neuropsicología científica

En la segunda mitad del siglo XIX, hace unos 160 años, comenzaron a acumularse las evidencias científicas de que la actividad del cerebro era esencial para facultades mentales como el lenguaje, el pensamiento y la acción. Paul Broca, conocedor de la obra de Gall, presentó en 1861 el caso de su paciente Leborgne en la “Société d’Anthropologie de París”⁸. El paciente había sufrido una lesión cerebral que redujo su expresión verbal a una única sílaba (“tan”), pero conservaba la comprensión de lo que le decían. Luego del fallecimiento, la autopsia del cerebro mostró una lesión en el lóbulo frontal izquierdo. Años más tarde, y luego de haber observado varios casos similares, Broca afirmó que esa región de la corteza cerebral era el asiento de la “facultad del lenguaje articulado”. Esto constituyó la primera demostración verificable de la relación entre una facultad mental con una región del cerebro e introdujo definitivamente el estudio de las relaciones mente-cerebro en el campo científico⁹. Broca inaugura la utilización del método lesional en humanos¹⁰, que permitía correlacionar los déficits de funciones psicológicas complejas (el lenguaje, la percepción, los movimientos aprendidos), observados en el momento de la lesión, con la localización de la lesión en el cerebro, observada tiempo después en la autopsia. Dado que el método puede aplicarse a otros pacientes (es reproducible), la correlación observada puede recibir nueva evidencia, a favor o en contra. De esta manera, las hipótesis sobre la correlación (entre el lenguaje y la localización de la lesión, en este caso) pueden ser verificadas de manera científica.

Los conceptos modernos en neurociencias

Las neurociencias como disciplinas científicas son bastante jóvenes. Los principales conceptos neurocientíficos modernos emergieron recién en los últimos 160 años. Eric Kandel sostiene que los aportes iniciales provinieron de cinco tradiciones experimentales: la anatomía (macro y microscópica), la embriología, la fisiología, la farmacología y... ¡¡¡la psicología!!! (Kandel et al., 2000). Veamos brevemente esas fuentes.

⁸ Carl Sagan relata en su libro “El cerebro de Broca” que la reunión fue espiada por agentes de la policía de París.

⁹ Se considera que la presentación de Broca constituye el acto fundacional de la neuropsicología.

¹⁰ El método lesional en humanos consiste en estudiar los efectos de una lesión (espontánea o natural, como un infarto o hemorragia cerebral) sobre la conducta del paciente. Esta lesión no es producida ni controlada por el investigador. En cambio, en el método lesional en animales la lesión es producida por el experimentador para verificar sus hipótesis.

Hacia finales del siglo XIX y principios del XX (unos 80 años después de las propuestas de Gall), el científico español Santiago Ramón y Cajal pudo identificar a la neurona como el constituyente básico del sistema nervioso. Por entonces, la mayoría de los estudiosos consideraban que el tejido nervioso era un “sincicio” continuo de cuerpos celulares y fibras. Esto se debía a que los preparados microscópicos utilizados no permitían observar neuronas separadas. Ramón y Cajal, utilizó una técnica de tinción que sólo coloreaba algunas células de la preparación y descubrió que el sistema nervioso estaba constituido por células discretas. Las ramificaciones de esas células conformaban una intrincada red, pero ésta estaba conformada por elementos celulares individuales. Ramón y Cajal formuló la **doctrina neuronal**, según la cual el sistema nervioso está constituido por elementos señalizadores individuales, las **neuronas**, que se contactan unas con otras en puntos especializados de interacción llamados **sinapsis**. Esta doctrina tiene poco más de un siglo.

Un soporte adicional para la doctrina neuronal provino de la embriología, la rama de la ciencia que estudia el desarrollo del embrión a partir de las divisiones sucesivas del huevo o cigota. Ross Harrison y otros mostraron, en los años 1950-1960, que las partes constituyentes de la neurona (la dendrita y el axón) eran continuidades del cuerpo celular, que la punta del axón embrionario contenía un cono de crecimiento cuya función durante la embriogénesis era la de guiar el avance del axón hacia su diana (lugar que finalmente será el blanco o destino de la sinapsis).

El italiano Luigi Galvani descubrió que las células musculares producen electricidad y que se contraen cuando se les aplica una corriente eléctrica. Este fue el primer antecedente de la electrofisiología, disciplina que utiliza la estimulación del tejido nervioso y el registro de su actividad eléctrica para estudiar el funcionamiento del sistema nervioso. Los mecanismos del cerebro humano se comenzaron a describir en términos de actividad refleja con la obra del fisiólogo ruso Iván Séchenov, cuyo continuador, Iván Pavlov, desarrolló el primer modelo fisiológico experimental de aprendizaje gracias a su trabajo sobre los reflejos condicionados. El inglés Charles Sherrington, el polaco Jerzy Konorski y el canadiense Donald Hebb hicieron sendos aportes a la neurofisiología con sus ideas y estudios sobre la actividad integrativa del sistema nervioso, el procesamiento de la información en niveles de abstracción creciente y el papel de la modificación de las sinapsis en la representación de la información perceptiva, respectivamente.

La cuarta disciplina, la farmacología, se inicia cuando el francés Claude Bernard y otros demostraron que las drogas tienen un efecto en el organismo porque interactúan con receptores específicos en las células. De este descubrimiento derivó posteriormente el estudio moderno de la transmisión química en las sinapsis y su manipulación por agentes farmacológicos.

La psicología, la quinta disciplina importante para comprender el cerebro, tiene una larga historia unida al desarrollo de la filosofía. Pero Charles Darwin abrió un camino diferente con sus investigaciones la evolución. A través de ellas, estimuló la descripción objetiva de la conducta, dando impulso a la etología (el estudio de la conducta en ambientes naturales) y a la psicología experimental (el estudio de la conducta en el laboratorio).

Vincular los aportes que fueron haciendo estas cinco tradiciones experimentales (la anatomía, la embriología, la electrofisiología, la farmacología y la psicología), junto a otras que se fueron agregando para explicar la relación mente-cerebro, no era (ni es) una tarea sencilla. Son disciplinas diferentes, con objetos de estudio, teorías, métodos y técnicas de distinta naturaleza. Es notable que sólo 200 años atrás, que Gall hizo el primer intento (ingenuo y genial) de relacionar la mente y el cerebro, meta que parecía una posibilidad remota, reservada a la imaginación.¹¹ Las neurociencias hoy son un programa científico claramente establecido, con ramas que exploran objetos bien definidos con métodos explícitos y, en algunos casos, con técnicas poderosas.

La neurociencia contemporánea

En el desarrollo más reciente de las neurociencias, se reconocen tres fuentes de influencias: la biología molecular, la psicología cognitiva y las nuevas técnicas de estudio del cerebro.

Durante la última parte del siglo XX, las neurociencias utilizaron los progresos de la biología molecular para lograr un inmenso avance en el conocimiento de los niveles neuronal y sináptico. Por ejemplo, se avanzó en el conocimiento de los mecanismos moleculares que rigen los potenciales de las neuronas y la transmisión sináptica. Además, se lograron identificar los circuitos, las sinapsis y los mecanismos moleculares que intervienen en distintas formas de aprendizaje y memoria en animales de experimentación. Esta línea sigue desarrollándose en la actualidad con la incorporación de técnicas de manipulación genética para el estudio experimental de cómo los genes afectan la conducta de animales de experimentación.

Una contribución crucial fue el cambio de paradigmas que se produjo en la psicología. En la década de 1960, se había hecho evidente la crisis que afectaba el estudio de las funciones complejas humanas, que se debía al predominio del conductismo (sobre todo en EEUU). Esta corriente psicológica había aportado paradigmas rigurosos de aprendizaje como el condicionamiento operante, pero había agotado su potencial. Con el argumento de que sólo los fenómenos observables podían ser estudiados científicamente, el

¹¹ Ramón y Cajal se refería a las neuronas como “las misteriosas mariposas del alma, el batir de cuyas alas puede algún día – ¿quién sabe? – clarificar el secreto de la vida mental”.

conductismo intentaba explicar la conducta mediante la contingencia de estímulos y respuestas. De esta manera, ignoraba aspectos no observables de la conducta, pero que son determinantes, como la atención, las representaciones mentales, la conciencia, etc. Las limitaciones del conductismo lo restringieron al estudio de lo que hoy conocemos como conocimiento implícito, que caracteriza a algunas formas de aprendizaje y memoria (como el condicionamiento y el priming). Pero los humanos y varios mamíferos tienen además un conocimiento explícito del mundo sin el cual no se pueden explicar las formas más complejas de conducta como el lenguaje, la memoria, el razonamiento, la toma de decisiones, etc. Esta crisis implicaba pasar de las preguntas “¿qué puede hacer un organismo?” y “¿cómo lo hace?” a las preguntas “¿qué sabe el organismo acerca del mundo?” y “¿cómo logra saberlo?” Traducidas a términos biológicos, estas dos preguntas serían: “¿cómo está representado el conocimiento en el cerebro?” y “¿cuáles son los dispositivos cerebrales que permiten adquirir, almacenar y utilizar el conocimiento?”. La crisis se produjo primero en el campo de la psicología. Chomsky, Miller, Fodor y otros criticaron al conductismo y crearon las bases para el desarrollo de una nueva ciencia cognitiva que estudia las características de los sistemas inteligentes (naturales o artificiales), analizándolos como sistemas de procesamiento de la información. La psicología cognitiva, asumiendo que tareas como leer, comprender el lenguaje, o reconocer un rostro, se llevan a cabo gracias a una serie de procesos mentales subyacentes, acometió la tarea de desarrollar y validar modelos de estas tareas en términos de estructuras, representaciones y procesos mentales. Estos procesos no son directamente observables, pero se pueden inferir a partir de los datos de experimentos psicológicos rigurosos.

Poco antes, o casi simultáneamente, el neuropsicólogo ruso Alexander Luria había arribado a una conclusión similar, aunque no idéntica. Durante la segunda guerra mundial, Luria estudió las alteraciones del lenguaje en pacientes con heridas de bala en el cráneo y observó que la alteración del lenguaje podía adoptar distintas formas según la localización de la lesión. Concluyó que el lenguaje era el resultado de la actividad concatenada de distintos componentes localizados en diferentes partes de la corteza cerebral. La búsqueda de las bases neurales de funciones como el lenguaje y la memoria se convirtió así en la búsqueda de las bases neurales de sus componentes elementales de procesamiento. Los intentos de localizar facultades completas de la mente en una única región empezaron a ser vistos como un objetivo mal concebido porque las facultades son llevadas a cabo por sistemas funcionales complejos integrados por distintas regiones especializadas del cerebro.

La psicología cognitiva de los últimos 40 años ha aportado modelos funcionales de componentes (es decir, secuencias de operaciones mentales hipotéticas, pero bien razonadas y validadas por experimentos psicológicos) en muchos dominios como el

lenguaje, la memoria, la percepción, la atención, la planificación, el control de la acción, etc. El enfoque cognitivo, sobre todo sus modelos de procesamiento, influyeron notablemente en el estudio de las bases cerebrales de la conducta humana. Por un lado, se combinó con la neuropsicología y dio origen a la neuropsicología cognitiva, disciplina que estudia la alteración de las funciones mentales debidas a una lesión cerebral, pero analizando los déficits a partir de los modelos cognitivos. Por otro lado, influyó sobre la neurociencia cognitiva, disciplina que estudia las bases cerebrales de las funciones mentales humanas combinando los modelos cognitivos con las poderosas técnicas electrofisiológicas, de neuroimágenes funcionales y magnéticas. La neuropsicología y la neurociencia cognitiva son las dos disciplinas que más contribuyen en la actualidad al estudio de las bases cerebrales de las funciones mentales humanas. A partir de los déficits, los estudios neuropsicológicos de pacientes lesionados cerebrales proporcionan información sobre qué estructuras cerebrales son imprescindibles para el correcto funcionamiento de un componente cognitivo (y la localización posible de las estructuras cerebrales relacionadas con esos componentes). Por su parte, los estudios con imágenes cerebrales funcionales ofrecen la oportunidad de estudiar en sujetos sin lesión cerebral qué áreas cerebrales se activan durante la realización de tareas en las que intervienen los componentes del modelo cognitivo. Por ejemplo, qué áreas de la corteza se activan en tareas que requieren el uso de información semántica (los significados).

La psicología y las ramas de las neurociencias

La psicología es el estudio científico del comportamiento, tanto de sus aspectos manifiestos como de los procesos internos. Una gran parte de los esfuerzos de la psicología están dirigidos a desentrañar y comprender la mente humana, cómo adquirimos el conocimiento, cómo nos comunicamos con otros congéneres, cómo organizamos y controlamos la acción¹². Las neurociencias son disciplinas que tienen como objeto de estudio el sistema nervioso. Una de las funciones principales del sistema nervioso dentro del organismo es la de producir y controlar el comportamiento. La mera definición de los objetos de estudio de ambas disciplinas revela que existe una enorme y obvia superposición de intereses entre la psicología y las neurociencias. El estudio de la relación mente-cerebro es el que mejor ilustra, pero no agota, la necesaria colaboración entre disciplinas.

¹² La mente humana es la única entidad conocida que posee simultáneamente autoconciencia (self) y lenguaje. Es posible que gracias a esta doble capacidad podamos preguntarnos ¿por qué somos lo que somos? ¿por qué hacemos lo que hacemos? y, consecuentemente, que la psicología ponga foco en las diferencias individuales y la subjetividad.

Ramas y métodos de las neurociencias

Dentro de las neurociencias, se distinguen varias ramas, según el recorte más específico que realizan acerca del objeto de estudio y según los métodos y técnicas de investigación que aplican. Entre las ramas de las neurociencias más tradicionales están:

- Neuroanatomía y Neurohistología: estudian, respectivamente, la estructura macro y microscópica del sistema nervioso.
- Neurofisiología: estudia el funcionamiento del sistema nervioso.
- Neuroquímica: estudia las bases químicas del tejido nervioso.
- Neuropatología: estudia las alteraciones del tejido nervioso.
- Neurología: especialidad médica que estudia las enfermedades humanas que afectan al sistema nervioso.

Algunas ramas de las neurociencias muestran una relación más estrecha con la psicología. Son las que se interesan por las bases neurales de la cognición, la emoción, el afecto y la conducta. Hay grados importantes de solapamiento entre estas ramas, pero se diferencian entre sí por los temas de investigación, por los sujetos de experimentación (humanos o animales) y por el carácter invasivo/no invasivo de los métodos y técnicas que utilizan. En los métodos invasivos, el experimentador altera biológicamente al organismo en estudio (mediante una lesión, una sustancia química, la introducción de electrodos de registro, la aplicación de estimulación eléctrica o magnética), ya sea para observar su efecto en la conducta o para registrar la actividad del sistema nervioso. Un ejemplo es la práctica de lesiones controladas en diferentes partes del hipocampo de una rata para observar su efecto sobre la memoria. Otro ejemplo es la introducción de electrodos en la corteza frontal de un mono para registrar la actividad de esta región durante la preparación del movimiento. En los métodos y técnicas no invasivas, el experimentador no produce ninguna modificación biológica en el organismo experimental. Por ejemplo, el electroencefalograma utiliza electrodos colocados sobre el cuero cabelludo para registrar la actividad eléctrica producida por la corteza cerebral.

- Neurobiología: estudia animales de experimentación en investigación básica. Con frecuencia, utiliza métodos invasivos de manipulación directa del tejido nervioso (mediante una lesión, la estimulación eléctrica o la inyección de sustancias) que se practica de acuerdo con hipótesis acerca de cuál será su efecto en la conducta.
- Psicofisiología: estudia sujetos humanos, con técnicas de registro eléctrico no invasivo (electroencefalograma, potenciales evocados, etc.). Es una disciplina principalmente básica, pero tiene muchas aplicaciones clínicas.

- Neuropsicología: estudia sujetos humanos y el efecto de las lesiones cerebrales sobre las funciones psicológicas complejas (atención, memoria, lenguaje, etc.). Utiliza el método lesional ya que correlaciona el déficit en la conducta con la lesión que la produce. Obviamente, no se trata de lesiones producidas por el experimentador, sino lesiones espontáneas (provocadas por infartos, traumatismos, infecciones, enfermedades degenerativas). Es la disciplina con más aplicación clínica, y existe una especialización profesional en neuropsicología para el diagnóstico y tratamiento de los déficits cognitivos y conductuales producidos por las enfermedades del sistema nervioso humano.
- Psicofarmacología: utiliza la manipulación farmacológica del tejido nervioso para estudiar sus efectos sobre el comportamiento normal o patológico. Está en gran parte abocada al desarrollo de medicamentos, lo que incluye investigación tanto en animales como en humanos.
- Neurociencia cognitiva: es el desarrollo más recientemente. Al igual que la neuropsicología, se interesa por las bases neurales de los procesos cognitivos humanos (atención, memoria, lenguaje, etc.), pero estudia sujetos sanos que participan voluntariamente en los experimentos, y es más básica que aplicada. Las técnicas más utilizadas son las de imágenes funcionales del cerebro (tomografía por emisión de positrones, resonancia magnética funcional), que permiten visualizar las áreas cerebrales activas durante la realización de tareas psicológicas (leer, comprender oraciones, reconocer rostros, etc.), y técnicas de registro eléctrico computarizado (potenciales relacionados con eventos, electroencefalografía computarizada y otras). Una rama diferenciada más recientemente es la neurociencia cognitiva social que estudia las bases neurales del comportamiento social humano.

Como podemos ver, algunas ramas como la neuropsicología y la neurociencia cognitiva están más empeñadas en conocer las bases neurales de las funciones psicológicas humanas que las del resto de los animales, en comparación con otras ramas. Esto no significa que el aporte de la investigación en animales sea irrelevante. Todo lo contrario: dado que el cerebro humano es producto de la evolución, será mucho más difícil desentrañar sus mecanismos si no se adopta una perspectiva evolutiva y comparada. Los enfoques actuales como la neurociencia cognitiva, asumen explícitamente esta posición y consideran los datos provenientes de la investigación en animales como evidencia convergente para validar o refutar sus teorías.

Manipulaciones experimentales en psicología y en neurociencias

Es interesante comparar las manipulaciones experimentales que se practican en psicología (cognitiva) con las que se practican en neurociencias. En un experimento psicológico típico, el investigador manipula una variable independiente conductual (por ejemplo, la naturaleza, intensidad o duración de un estímulo) y mide su efecto sobre la variable dependiente, que también es conductual (número de aciertos, velocidad de la respuesta). A partir de los resultados del experimento, se hacen inferencias acerca del modelo psicológico de la función en estudio. En la tabla 1, se esquematizan y comparan los tipos de variables independientes (que se manipulan o controlan) y los tipos de variables dependientes (que se miden) en los experimentos psicológicos, neuropsicológicos y de neurociencia cognitiva. En neuropsicología, la variable independiente es la lesión, una variable neural. Esta variable no se manipula, ya que las lesiones son espontáneas o naturales, sino que se controlan, por ejemplo, conociendo su localización, su tamaño, etc. Por otro lado, la variable dependiente que se mide son los cambios en el rendimiento provocados por la lesión, es decir, una variable conductual. En neurociencia cognitiva, al igual que en los experimentos psicológicos, la variable independiente que se manipula es conductual, pero la variable dependiente que se mide es neural, por ejemplo, la actividad cerebral medida con resonancia magnética funcional o con registro de potenciales. Los datos neuropsicológicos y de neurociencia cognitiva pueden utilizarse para validar o refutar aspectos de los modelos neurales o cognitivos.

Tabla 1. Variables independientes y dependientes en psicología y neurociencias

DISCIPLINA	TIPO DE VARIABLE INDEPENDIENTE	TIPO DE VARIABLE DEPENDIENTE	TIPOS DE MODELOS QUE PERMITE EVALUAR
Psicología cognitiva	Conductual: se manipula la tarea (estímulos, consignas, tiempo)	Conductual: se mide la respuesta, el rendimiento (precisión, velocidad)	Cognitivos
Neuropsicología	Neural: se controla la lesión espontánea (localización, tamaño)	Conductual: se mide la respuesta, el rendimiento (precisión, velocidad)	Cognitivos Neurales
Neurociencia cognitiva	Conductual: se manipula la tarea (estímulos, consignas, tiempo)	Neural: se mide la actividad cerebral (localización, intensidad)	Cognitivos Neurales

Algo que es importante destacar es que todas las formas de abordaje experimental al estudio de las bases neurales del comportamiento son necesariamente interdisciplinarias,

porque implican observar y medir conductas, así como observar y medir fenómenos neurales.

Enfoques (o perspectivas) para el estudio de las relaciones mente cerebro

La investigación psicológica puede adoptar varias perspectivas para explicar la conducta. Esas mismas perspectivas se adoptan para el estudio de sus bases neurales.

Estudio de una función en el adulto

Una conducta o función puede ser estudiada en un sujeto que ya la ha desarrollado completamente, por ejemplo, el lenguaje o la memoria, mediante la observación rigurosa o la experimentación. Por su parte, las neurociencias estudian las bases cerebrales de las funciones psicológicas ya maduras, en el sujeto adulto sano.

Estudio de la adquisición o aprendizaje de una función

Al momento de nacimiento, muchas de las capacidades y habilidades de los organismos no están completas, y en los organismos con sistema nervioso más complejo, el desarrollo de las capacidades insume más tiempo. La perspectiva ontogénica considera que el estudio de la estructuración progresiva de las funciones y capacidades psicológicas humanas puede ayudar a comprenderlas. La psicología del desarrollo estudia la emergencia de las funciones, en qué momento aparecen, en qué orden, cómo se estructuran progresivamente, cuánto dependen de la estimulación externa, del aprendizaje y del entorno social. Por su parte, las neurociencias estudian cómo cambia el sistema nervioso durante el desarrollo, desde la conformación embrionaria y fetal hasta los cambios que produce en el cerebro, por ejemplo, el aprendizaje de la lectura.

Estudio de la desintegración patológica de una función

La perspectiva patológica estudia la alteración de funciones y habilidades psicológicas como resultado de una lesión cerebral. Por ejemplo, distintas lesiones pueden producir diferentes déficits y alteraciones de la memoria, y esta “descomposición” de la función permite razonar sobre cuál es la estructura de la misma. La neuropsicología correlaciona los déficits en una función con la localización de la lesión en el cerebro, intentando identificar las áreas cerebrales indispensables para el funcionamiento normal.

Perspectiva filogenética

Esta perspectiva considera que el estudio comparado de la conducta entre distintas especies informa sobre sus características y propiedades. Para ello, se propone determinar en qué especies está presente determinada función, cómo se fue modificando con la evolución, qué ventajas adaptativas explican su selección y conservación. Las neurociencias enfocan también esta cuestión y estudian las diferencias cerebrales asociadas a las

diferencias conductuales. Trazar la historia evolutiva de una estructura y de una función ayuda a comprender el papel que la misma juega en nuestra especie (recuadro 1). Por ejemplo, hay estudios en una cantidad de especies sobre el papel de los núcleos amigdalinos en el condicionamiento del miedo, tema que ha recibido mucha atención en los humanos.

Recuadro 1. La herencia biológica

El cerebro humano es el resultado de millones de años de evolución. Esto significa que, a diferencia de una computadora o un lavarropas, el cerebro no fue construido con propósitos específicos siguiendo principios de diseño tecnológico. La selección natural, motor de la evolución, es la responsable del “diseño” y actúa acumulando capa tras capa de modificaciones. Incluso es posible que estructuras neurales actuales puedan haber sido inicialmente seleccionadas para otras funciones. Sejnowski y Churchland (1989) sostienen que no podemos esperar que el diseño del cerebro se parezca a nada que nuestra lógica podría considerar óptimo, y por eso, sugieren que las búsquedas deberían estar guiadas más por factores biológicos que lógicos. Por ello, un componente imprescindible de la neurociencia actual es el enfoque evolutivo.

Un ejemplo de cómo las distintas perspectivas ayudan a la comprensión de la naturaleza de una función es el caso de la memoria humana, que se ha beneficiado del estudio de sus alteraciones por lesión cerebral, de su desarrollo ontogénico y del estudio comparativo de las capacidades de memoria en distintas especies. Como ilustración se puede mencionar el caso de la llamada “amnesia infantil” (recuadro 2).

Recuadro 2. La “amnesia infantil”

Freud fue el primero en notar el sorprendente hecho de que los niños adquirían y conservaban el lenguaje, mientras que prácticamente no podían reportar ningún recuerdo de esa época de su vida, en la adultez. Lo sorprendente era que podían recordar los miles de palabras y significados que aprendieron en la infancia, pero que, en cambio, no podían recordar sus experiencias del mismo período de tiempo. Freud interpretó el fenómeno como producto de la represión de los recuerdos infantiles, aunque luego revisó esa interpretación. Unos 50 años después, la investigación neuropsicológica mostró que, en algunos pacientes, las lesiones cerebrales afectaban el almacenamiento de los recuerdos, pero dejaban indemnes, no solamente el lenguaje, sino también otras formas de aprendizaje y memoria. Este descubrimiento y otros que se le sumaron fundamentaron la propuesta de que existen múltiples sistemas de memoria, localizados en distintas áreas del cerebro. La investigación en animales mostró que también en otras especies existen múltiples sistemas de memoria y las investigaciones con lesiones experimentales revelaron que los distintos sistemas de memoria dependen de diferentes estructuras cerebrales. El estudio del desarrollo de la memoria en niños sanos mostró que los diferentes sistemas de memoria emergen progresivamente en distintos momentos. Hoy se sabe que el sistema encargado del almacenamiento de los recuerdos madura más tardíamente que otros sistemas de memoria, entre otras cosas, porque además del hipocampo, depende de la corteza prefrontal que madura más tardíamente. Esto permitió una hipótesis diferente de la explicación de la represión de los recuerdos infantiles de Freud. Según esta nueva hipótesis, el niño aprende y conserva el lenguaje más

tempranamente porque los sistemas neurales que sustentan la memoria de las palabras y los significados maduran antes que los que sustentan la memoria de los recuerdos. Debido a esto, la formación de recuerdos de las experiencias se retrasa respecto del desarrollo del vocabulario. No hay represión de los recuerdos, sino que no se han formado memorias de los recuerdos. Estudios recientes mostraron que en ratas y en monos, los diferentes sistemas de memoria también maduran de manera diferencial. Aunque el tema aún no está cerrado, es evidente que distintas disciplinas pueden aportar datos concurrentes (es decir datos que aportan distintos tipos de evidencia para una misma hipótesis) para mejorar la explicación de fenómenos como el desfasaje entre la memoria de los recuerdos y la memoria de las palabras que detectó Freud.

Psicología y neurociencias hoy

Las neurociencias actuales no son las de la época de Broca o Pavlov. Hay una diferencia sustancial entre la neurociencia actual y la de hace unos 50-60 años. Esta diferencia se debe a dos factores: por un lado, a la invención de poderosas técnicas de estudio de la función cerebral y, por el otro, al progreso de la psicología, que permitió desarrollar modelos de los procesos psicológicos que subyacen a las funciones complejas humanas como el lenguaje, la memoria, el control atencional, etc. Este doble avance alimentó el estudio directo, en humanos, de las bases cerebrales de la conducta humana. Anteriormente, los experimentos neurobiológicos sólo se realizaban en animales de laboratorio y se centraban en formas de aprendizaje implícitos como los reflejos condicionados o el aprendizaje no asociativo. Desde Ivan Pavlov (premio nobel en 1904) hasta Eric Kandel (premio nobel en 2000), estas investigaciones produjeron avances extraordinarios en la explicación de los mecanismos neuronales, sinápticos y moleculares de los comportamientos simples en distintos animales. Pero sus conclusiones sólo podían ser extrapoladas al comportamiento humano, con todas las limitaciones que implican las diferencias entre el sistema nervioso y la conducta de los animales de experimentación y de los humanos. En la actualidad, se puede investigar, directamente en humanos sanos (o con diversas patologías), las bases cerebrales de conductas complejas, típicamente humanas, como el lenguaje o la lectura de la mente de los demás.

Hay tres aspectos que enmarcan la investigación neurocientífica que necesitan ser destacados: 1) el reconocimiento de la complejidad del cerebro, 2) el reconocimiento de la complejidad del estudio de las relaciones mente-cerebro, y 3) la idea de que las redes y circuitos que sustentan la conducta están formados y mantenidos a lo largo de la vida por la acción conjunta de los genes y el ambiente.

La complejidad del cerebro

A simple vista, el cerebro no se diferencia demasiado de otros órganos; su extraordinaria complejidad no fue evidente sino hasta que el microscopio óptico primero, y el microscopio electrónico después, pusieron en evidencia una intrincada red de neuronas

interconectadas entre sí. Hoy se considera que el cerebro humano es la estructura más compleja del universo conocido, y el desentrañamiento de su funcionamiento es uno de los mayores desafíos que encara la ciencia.

El cerebro humano pesa alrededor de 1.300 gramos y se calcula que contiene 100.000 millones de neuronas (10^{11}). Aunque la cifra es alta y está en el orden de la cantidad de estrellas que componen la Vía Láctea (la nebulosa a la que pertenece nuestro sistema planetario), el número es sólo una expresión de la complejidad. El hígado contiene unos 100 millones de células, pero mil hígados no hacen un cerebro. La complejidad del cerebro y de las operaciones que lleva a cabo no depende sólo del número de células, sino de su organización, de la manera en que las neuronas están conectadas formando circuitos y sistemas. Cada neurona recibe información de centenares a miles de conexiones y emite información a una cantidad similar de otras neuronas. Si calculamos un promedio de 1.000 conexiones por neurona, resulta que hay unos 100 billones de conexiones (10^{14}) en el cerebro. Así, cada neurona es en sí misma una unidad de procesamiento compleja, tal vez única (Fishbach, 1992), integrada en estructuras altamente organizadas gracias al entramado de conexiones establecido durante el desarrollo embrionario y modificado a lo largo de la vida en respuesta a la experiencia.

Relaciones mente-cerebro: ¿dónde y cómo?

En el estudio neurocientífico del psiquismo humano, hay dos preguntas típicas: “¿dónde se localizan las facultades mentales como el lenguaje, la memoria o la autoconciencia?” y “¿cómo hace el tejido nervioso para almacenar y procesar información compleja tal como los conceptos, los rostros o las reglas sintácticas?” La contribución de la psicología es crucial para obtener respuestas a ambas preguntas.

Como hoy resulta evidente, la frenología de Gall se apoyaba en una teoría psicológica ingenua que mezclaba facultades como el lenguaje y el cálculo con rasgos individuales como la religiosidad y el amor a la patria. Y si bien el supuesto frenológico de que el cerebro es la base biológica de la mente demostró a la larga ser cierto, uno de sus grandes problemas residía en *qué* intentaba localizar. La cuestión de la localización está críticamente relacionada con otra, más general y previa: ¿qué es lo que hay que localizar? A la clarificación de esta cuestión contribuyeron tanto el enfoque neuropsicológico de Luria (1972) como los aportes de la psicología cognitiva (Miller y Lenneberg, 1978; Posner y DiGirolamo, 2000).

La psicología cognitiva desarrolló el marco teórico y metodológico que permitió identificar los componentes y operaciones mentales que participan en tareas como leer, denominar un dibujo o memorizar información verbal y visual. Uno de los esfuerzos en la

neurociencia cognitiva actual consiste en identificar la localización cerebral de esos componentes descritos por la investigación psicológica. Hoy asumimos las siguientes ideas:

- 1) Las funciones psicológicas complejas se pueden subdividir en componentes más simples que llevan a cabo sólo una parte de la tarea, tal como se asume en los modelos psicológicos cognitivos.
- 2) De manera similar, puede plantearse que no es una única estructura cerebral la que sustenta una función psicológica compleja, sino un conjunto de estructuras o componentes neurales que trabajan coordinadamente como una red de escala mayor (red que conecta varias redes locales).
- 3) Por lo tanto, no es adecuado plantearse la localización de una función completa (como el lenguaje o la memoria) en un área restringida del cerebro. Es más adecuado plantearse el objetivo de identificar los distintos componentes neurales que contribuyen a la función.
- 4) Un componente de procesamiento, representado en un modelo psicológico como una caja o un círculo, no necesariamente tendrá una representación neural delimitada en el cerebro. Por ejemplo, podemos representar el sistema semántico como un círculo en el modelo psicológico, pero el almacenamiento de la información semántica puede estar distribuido en muchas áreas del cerebro.

Ahora bien, la identificación de las redes que forman parte del sistema cerebral que sustenta una función psicológica no agota el estudio de sus bases neurales. Por ejemplo, conocer la localización de las redes que sustentan el lenguaje es importante, pero nada nos dice sobre cómo esas áreas de la corteza adquieren, almacenan y procesan la información lingüística. Es necesario también conocer cómo se organizan y conectan las neuronas de cada una de esas redes, qué neurotransmisores utilizan en sus sinapsis, cómo se conectan las redes entre sí, y cómo la conectividad le permite a la red llevar a cabo los procesos que se le atribuyen. Como ilustran estas preguntas, y como veremos próximamente, existen distintos niveles de organización del sistema nervioso, y no siempre se cuenta con respuestas para todos los niveles.

Genes y ambiente

La maquinaria neural que sustenta la conducta humana (y la de los animales) la forman y sostienen conjuntamente los genes y el ambiente. Los factores genéticos y los ambientales interactúan a lo largo de todo el ciclo vital. El desarrollo embrionario y los períodos de grandes cambios como la infancia y la adolescencia son momentos de especial relevancia, pero desde la concepción hasta la muerte, la acción conjunta de los genes y el ambiente forma, repara y modifica al sistema nervioso. La estructura intrincada, pero esencialmente

idéntica, que tiene el cerebro de los sujetos adultos es el resultado del desarrollo embrionario. Este desarrollo responde a un programa detallado que en la etapa inicial está en gran medida gobernado por los genes, pero que aún en ese momento no deja de ser influido por el microambiente celular, por las sustancias que rodean a las células y que mediante señales moleculares regulan su proliferación y migración, así como el crecimiento de sus prolongaciones y la conexión mediante las sinapsis. Con el avance del desarrollo embrionario, el “cableado” del sistema nervioso (el establecimiento de conexiones sinápticas) está cada vez más influido por la actividad de las neuronas, ya sea la actividad espontánea o la desencadenada por estímulos que llegan al embrión (sonidos que atraviesan el abdomen de la madre, movimientos y respuestas fisiológicas del propio feto, cambios moleculares relacionados con la alimentación, el ambiente físico y las sustancias que consume la madre, etc.). El desarrollo del cerebro continúa durante varios años después del nacimiento, en los que los factores ambientales juegan un rol cada vez más importante, pero siempre en interacción con los factores genéticos. Éstos restringen la adquisición de capacidades y aprendizajes al repertorio de capacidades de la especie y regulan los momentos en que el sistema es más sensible a la exposición a los estímulos específicos (períodos críticos o sensibles de la infancia y la adolescencia).

Un aspecto muy interesante es que algunos de los mecanismos que se ponen en juego durante el desarrollo embrionario del sistema nervioso, por ejemplo, los procesos de generación y eliminación de sinapsis, son también claves para los cambios plásticos inducidos por el aprendizaje y la experiencia en la vida post natal.

Referencias

Benton, A. (1975). Historical development of the concept of hemispheric cerebral dominance. En S. Spicker y Engelhardt, H. Jr. (eds.), *Philosophical dimensions of the neuro-medical sciences*. Holanda: Dordrecht.

Damasio, A. (1996). *El error de Descartes*. Santiago de Chile: Ed. Andrés Bello.

Fodor, J. A. (1986). *La modularidad de la mente*. Ediciones Morata. Fischbach, G. (1992). Mind and brain. *Scientific American*, 267(3), 48-57.

Kandel, E. (1999). Biology and the future of Psychoanalysis: a new intellectual framework for Psychiatry revisited. *American Journal of Psychiatry*, 79, 349-362.

Kandel, E., Schwartz, J. y Jessell, T. (1995). *Essentials of neural science and behavior*. Connecticut: Appleton & Lange.

Kandel, E., Schwartz, J. y Jessell, T. (2000). *Principios de Neurociencia*. Madrid: MacGraw-Hill e Interamericana.

Luria, A. (1972). *El cerebro en acción*. Barcelona: Fontanella.

Miller, G. y Lenneberg, E. (1978). *Psychology and biology of language and thought*. Nueva York: Academic Press.

Ochsner, K. (2004). Current directions in social cognitive neuroscience. *Current Opinion in Neurobiology*, 14, 254–258.

Posner, M. y DiGirolamo, G. (2000). Cognitive Neuroscience: origins and promise. *Psychological Bulletin*, 126, 873-889.

Rosenzweig, M. y Leiman, A. (1992). *Psicología fisiológica*. Madrid: McGraw-Hill.