

Neurofisiología – cátedra 1

Prof. Reg. Adj. a cargo: Nancy China

Niveles de análisis de la conducta
Niveles de organización del sistema
nervioso
Relación mente-cerebro

Primer cuatrimestre de 2024

Índice

Preguntas para guiar la lectura.....	página 3
Niveles de análisis de la conducta.....	página 4
El sistema nervioso está estructurado en niveles de complejidad creciente.....	página 5
Niveles de organización del sistema nervioso: de los sistemas a las sinapsis y moléculas.....	página 6
Relación mente-cerebro: reduccionismo biológico, psicologismo y teoría del doble aspecto.....	página 12

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. ¿Cuáles son los tres niveles de análisis de la conducta?
2. ¿Por qué se dice que el nivel de análisis cognitivo no es observable?
3. ¿En qué se distingue el nivel neural de los otros dos niveles de análisis?
4. En el sistema nervioso ¿todo se conecta con todo?
5. ¿Qué significa que el sistema nervioso está organizado en niveles crecientes de complejidad?
6. ¿Cuáles son los niveles de organización del sistema nervioso?
7. ¿Cuál es la utilidad de formular la idea de niveles de análisis de la conducta y de niveles de organización del sistema nervioso?

Niveles de análisis de la conducta. Niveles de organización del sistema nervioso. Relación mente-cerebro

En este apartado desarrollaremos dos conceptos importantes para poner en contacto los datos y teorías neurales con los datos y teorías psicológicas. Por un lado, el concepto de “niveles de análisis” describe los distintos niveles de investigación de la conducta. Por otro lado, el concepto de niveles de organización se refiere sólo al nivel neural, específicamente se refiere a distinciones dentro del nivel neural.

Niveles de análisis de la conducta

Recordamos que utilizamos los términos conducta y comportamiento en un sentido general para referirnos tanto a las conductas abiertas y observables (como hablar o manipular una herramienta) y a conductas internas, no directamente observables (como razonar, tener miedo o sentir empatía por otro). Mientras las conductas abiertas pueden ser registradas, los aspectos internos de la conducta tienen que ser inferidos a partir de los fenómenos observados.

En el estudio de la conducta, se distinguen tres niveles de análisis: el nivel conductual, el nivel cognitivo y el nivel neural (biológico).

El **nivel conductual** abarca la descripción de los fenómenos observables de la conducta, es decir, por ejemplo, los estímulos y las respuestas en una tarea. Las respuestas pueden ser motoras (cualquier tipo de movimiento), verbales (en los humanos) y del sistema nervioso autónomo (sudoración, rubor, dilatación pupilar, cambios en la frecuencia cardíaca o respiratoria, cambios en la presión arterial, etc.). Las respuestas pueden ser observadas en situaciones naturales, o bien, en situaciones experimentales en las que son provocadas manipulando las variables que las desencadenan. Por ejemplo, un estímulo peligroso desencadena respuestas motoras (el movimiento de huida o de defensa, la tensión muscular) y autonómicas (sudoración, taquicardia, relajación de esfínteres, etc.). Otro ejemplo: en una tarea de lectura en voz alta, presentamos palabras escritas y registramos si la pronunciación es correcta y cuánto tiempo se tarda en pronunciarlas. La psicología ha desarrollado métodos y técnicas para manipular los estímulos y medir las respuestas de manera rigurosa. El nivel conductual es el punto de partida para los demás niveles de análisis.

El **nivel cognitivo** se refiere a los procesos mentales que median entre los estímulos y las respuestas. Este nivel no es observable, es una suposición o inferencia teórica acerca de una serie de procesos mentales subyacentes que busca explicar cómo la mente

elabora una respuesta a partir de los estímulos. En otras palabras, el nivel cognitivo se refiere a las hipótesis, las teorías y los modelos acerca de los procesos mentales. Por ejemplo, en la tarea de lectura en voz alta podemos suponer que se reconoce cada letra y se le asigna la pronunciación correspondiente; alternatively, podemos suponer que se reconoce la secuencia completa de letras de la palabra (es decir, su ortografía) y se la asocia con su patrón de pronunciación, o que ambos mecanismos intervienen según el tipo de estímulos escritos (palabras muy conocidas versus palabras desconocidas). Aquí tenemos varias hipótesis cognitivas sobre cómo se procesa la lectura de las palabras. El nivel cognitivo es entonces un nivel teórico formulado en términos psicológicos, no neurales. Lógicamente, una teoría no puede ser observada de manera directa, pero una vez formulada, debe poder explicar los fenómenos observados, entre los cuales están los resultados de los experimentos que ponen a prueba dichas teorías.

El **nivel neural** abarca todos los fenómenos exclusivamente biológicos: potenciales de acción registrados con electrodos, áreas anatómicas observadas directamente o a través de técnicas como la tomografía estructural o funcional, neuronas y sinapsis observadas con microscopio, neurotransmisores identificados mediante técnicas bioquímicas, etc. Como veremos más abajo, dentro del nivel neural se pueden reconocer distintos niveles de organización del sistema nervioso.

El sistema nervioso está estructurado en niveles de complejidad creciente

La enormidad de las cifras de neuronas y conexiones condujo a algunas personas a la simplificación de sostener que dentro del cerebro “todo se conecta con todo”, y a la idea facilista (y fatalista) de que la conducta emerge de una conectividad “impenetrable”. Sin embargo, no es así. Si, en promedio, una neurona establece 1.000 conexiones, esto significa que sólo se conecta con una fracción pequeña del total de neuronas. De hecho, muchas neuronas sólo hacen sinapsis con sus vecinas más próximas formando redes locales (o circuitos locales). Estas redes locales se agrupan en regiones de la corteza cerebral que realizan distintos tipos de procesamiento. Asimismo, diferentes regiones corticales se interconectan a distancia formando sistemas; por eso, a los sistemas también se los llama redes (redes de regiones). Los sistemas se interconectan para formar sistemas de sistemas. En una visión panorámica, las neuronas individuales se agrupan mediante conexiones sinápticas en conjuntos que, a su vez, se agrupan en otros conjuntos con grados progresivos de complejidad. De esta manera, el cerebro, lejos de ser un órgano simple y monótono, resulta un supersistema de sistemas (Damasio, 1996).

La disposición de las neuronas en estructuras con niveles de complejidad creciente tiene varias consecuencias. En primer lugar, dado que las propiedades de respuesta de cualquier neurona dependen de las influencias que recibe (de otras neuronas, a través de

sinapsis), el funcionamiento de una neurona individual depende de la red local en la que está inserta y de la región cortical a la que pertenece. A su vez, el trabajo de un sistema depende de la forma en que las regiones que lo componen interactúan entre sí y, la contribución de cada una de esas regiones al sistema depende de su ubicación dentro del sistema. La especialización de una región o área cerebral es entonces el resultado del patrón de conectividad de las redes locales que la constituyen y del lugar que ocupa el conjunto de neuronas del área dentro de un sistema de escala mayor. Una segunda consecuencia de esta disposición es que cada nuevo nivel de organización muestra capacidades de procesamiento superiores que, si bien dependen de los aportes de sus constituyentes, no pueden ser explicadas como la simple suma de sus propiedades. Por ejemplo, una neurona del sistema visual aislada puede responder a la estimulación de un punto luminoso aplicado sobre su campo receptivo¹, pero esa neurona es insuficiente para representar un estímulo más complejo como una línea luminosa, que sí puede ser representada por una red local integrada por varias neuronas visuales. Y se necesita la concurrencia de varias de estas redes locales para representar un rasgo perceptivo más complejo como, por ejemplo, las intersecciones de líneas o la silueta de un objeto.

Niveles de organización del sistema nervioso: de los sistemas a las sinapsis y moléculas

Como acabamos de mencionar, el sistema nervioso (SN) se organiza en niveles de complejidad creciente. El estudio de cada nivel de organización requiere métodos diferentes de investigación ya que no es lo mismo estudiar una neurona aislada que un sistema (por ejemplo, el sistema visual). Esto conduce a la posibilidad de que se conozca mucho de un nivel de organización y poco de otro². Sejnowski y Churchland (1989) distinguen y clasifican los niveles de organización del SN en referencia a una escala física: el tamaño. Ordenados de menor a mayor, los niveles de organización del sistema nervioso que proponen son: moléculas, sinapsis, neuronas, redes locales, regiones o áreas cerebrales, y sistemas. Las regiones cerebrales son agrupaciones de redes locales; muchas regiones muestran una organización en mapas topográficos, capas (o láminas) y columnas. Esta lista entonces incluye dos niveles subcelulares (sinapsis y moléculas), un nivel celular (neurona) y varios niveles supracelulares (redes locales, mapas topográficos, capas y columnas, y sistemas).

¹ Como veremos en la clase sobre los sistemas sensoriales, el campo receptivo de una neurona que forma parte de un sistema sensorial es la región del espacio en la que se localizan los estímulos que provocan una respuesta en esa neurona.

² ¡Lo que, a su vez, plantea el problema de cómo relacionar los conocimientos acerca de los distintos niveles de organización del sistema nervioso!

La figura 1 resume los niveles de organización del SN y les asigna un rango de longitud. El sistema nervioso central en conjunto no excede en mucho el metro; los sistemas (por ejemplo, el sistema visual) están en el orden de las decenas de centímetros, los mapas topográficos (en la corteza cerebral) alcanzan pocos centímetros, las redes locales están por debajo del milímetro, las neuronas en el de los centenares de micrones (un micrón equivale a una milésima de milímetro), las sinapsis en el orden de pocos micrones y los fenómenos moleculares se desarrollan en el orden de los ángstroms (diezmilésima parte del micrón). De manera que los sistemas y mapas topográficos quedan dentro del rango macroscópico, mientras que las redes locales, las neuronas y las sinapsis son niveles microscópicos, y el nivel molecular sólo es visualizable mediante microscopía electrónica.

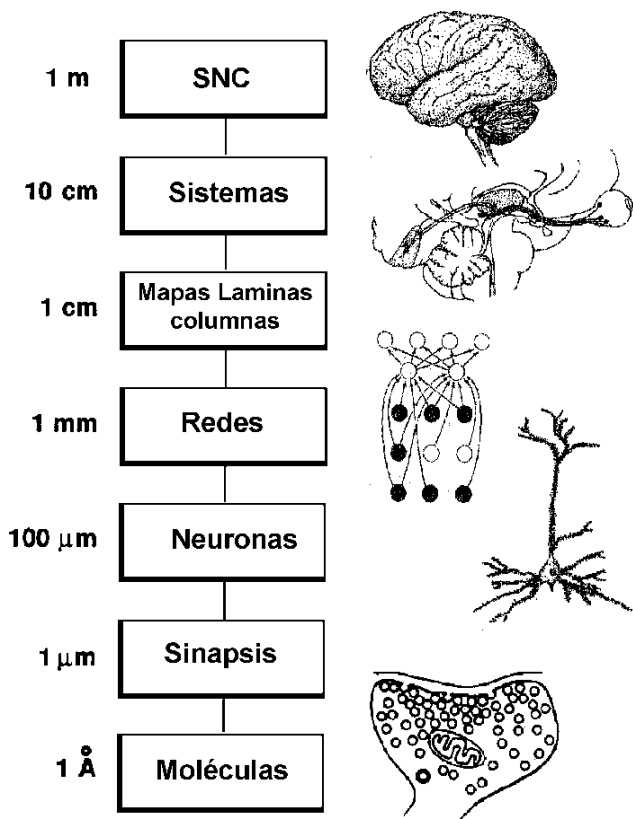


Figura 1. Niveles de organización del SN

A la izquierda, se ilustran de arriba hacia abajo: una vista macroscópica de parte del SNC, un esquema simplificado de las estructuras del sistema visual con las fibras del mismo proyectándose a la corteza o área visual primaria en el lóbulo occipital. En el área visual primaria, las neuronas se organizan en un mapa topográfico de la retina, y a su vez, en dicho mapa, las neuronas se organizan en capas o láminas y columnas (no mostrado en el gráfico). Luego, se muestran un modelo de red local, una neurona y una sinapsis, en la cual pueden verse las vesículas que contienen moléculas de neurotransmisor.

Los niveles de organización del SNC son distinguibles conceptualmente, pero no separables en su existencia real. Los elementos de cada nivel son parte de una maquinaria biológica integrada. Como ya señalamos, la función de una neurona depende de las sinapsis que le aportan información, es decir, de la interacción con otras neuronas en redes locales; a su vez, las redes locales juegan un rol particular debido al lugar que ocupan en la región correspondiente, etc. La formulación de los niveles de organización y los mismos límites impuestos a cada nivel son sobre todo el resultado de las técnicas de investigación de las que se dispone. En la época de Camilo Golgi y Santiago Ramón y Cajal, sólo era posible describir la organización del SNC en dos niveles: anatomía macroscópica y neuronas. Eran los niveles que podían estudiarse a simple vista y con el

microscopio óptico. Los niveles de organización son en realidad formas de estudio del sistema nervioso, y en gran parte, están determinados por los límites que impone cada técnica de investigación (por ejemplo, con el microscopio óptico se puede estudiar las neuronas, pero para estudiar las sinapsis y moléculas se necesita el microscopio electrónico). El número y la naturaleza de los niveles de organización son, entonces, una cuestión histórica y empírica que no está cerrada. Futuras investigaciones pueden subdividir varios niveles o incluso reconfigurarlos. Esto es más probable en los niveles “altos” de organización, donde nuestro conocimiento es relativamente menor.

Históricamente, el primer estudio riguroso del sistema nervioso fue la anatomía macroscópica (SNC en la figura 1), que consiste en la descripción sistemática de las partes directamente observables a través de la autopsia, con la única ayuda de la disección. Aunque de la descripción anatómica macroscópica del sistema nervioso no surge directamente información funcional, no se puede comprender el funcionamiento sin recurrir a la anatomía.

Sistemas

En términos generales, se considera que un sistema consiste en un conjunto de elementos que se relacionan entre sí formando una estructura de complejidad mayor. Dicha estructura, posee nuevas propiedades funcionales, no explicables por la simple suma de las propiedades de sus componentes. En el enfoque de los niveles de organización, el nivel de sistemas refiere a una estructura neural constituida por varias regiones funcionales (corticales y subcorticales) localizadas en zonas más o menos distantes del SN que se conectan a través de fibras de sustancia blanca, y que participan en una función determinada. La noción de sistema es principalmente de orden funcional porque el agrupamiento de las regiones que la componen se explica por la participación de éstas en una función determinada. Algunos sistemas son más fáciles de definir, como los sistemas sensoriales o el sistema motor. El sistema visual, por ejemplo, está constituido por el conjunto de neuronas y vías de conexión relacionadas con el procesamiento de la información visual. Incluye desde las células fotorreceptoras de la retina hasta los más sofisticados sistemas de análisis localizados en la corteza de los lóbulos occipital, temporal y parietal. Lo mismo sucede con el sistema motor: es el conjunto de estructuras relacionadas con la actividad motora, desde las neuronas que participan en la planificación del movimiento localizadas en el lóbulo frontal hasta las que finalmente envían las señales a los efectores musculares y se localizan en la médula espinal. Otros sistemas tienen funciones más generales, como el sistema nervioso autónomo, encargado de recoger y enviar información a las vísceras. El concepto de sistema también se aplica al conjunto de componentes neurales que participa en una función psicológica compleja como la memoria, el lenguaje o la atención.

Regiones: mapas, láminas y columnas

Las redes locales, cual pequeñas unidades de procesamiento, se agrupan en conjuntos mayores denominados regiones. Las regiones son un nivel estructural que tiene sus propios principios de organización. En algunas regiones de la corteza cerebral, como el área motora primaria, las neuronas están dispuestas de acuerdo a un principio de organización topográfica. El ordenamiento de las neuronas es tal que cada punto del área motora primaria se corresponde con grupos musculares ubicados en lugares precisos del cuerpo, y puntos adyacentes del área motora primaria representan grupos musculares adyacentes en el cuerpo, de manera que la corteza motora primaria reproduce un “mapa topográfico” de la musculatura del cuerpo (figura 2).

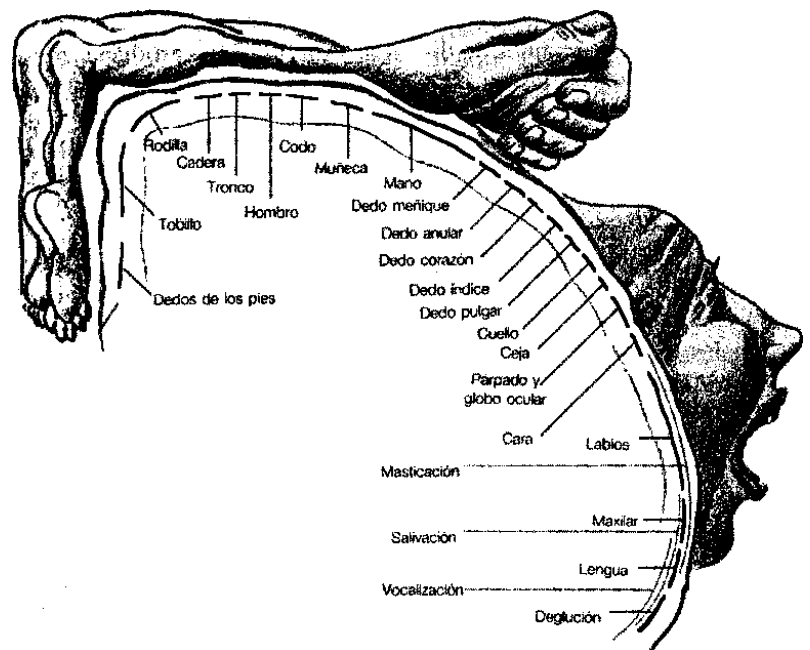


Figura 2. Mapa topográfico motor

La figura muestra un corte frontal del cerebro que pasa por el área motora primaria. Las líneas por debajo de la corteza representan la superficie de la corteza motora destinada a cada parte del cuerpo. El dibujo representa las proporciones relativas de cada área.

Hay otros dos principios de organización de las regiones corticales, que son la disposición de las neuronas en láminas y en columnas. Si observamos la corteza cerebral a través de un corte transversal se hace evidente que está constituida por varias capas (figura 3). Esto se conoce como organización laminar. La organización en láminas o capas ordena el “patrón de conexiones”. La información que entra o sale de la corteza lo hace por lugares específicos, algunas capas reciben información desde los receptores localizados en la periferia, otras envían proyecciones hacia los efectores (por ejemplo, los músculos), otras reciben información de otras áreas de la corteza y otras envían proyecciones a otras zonas corticales, etc.

La corteza cerebral tiene además una organización vertical; las neuronas que se disponen a lo largo de un eje imaginario (o columna) que atraviesa la corteza se conectan entre sí y tienen un alto grado de afinidad funcional. Esta disposición se refleja en las conexiones locales, ya que las células de una misma columna (figura 3, derecha) tienden a

conectarse entre sí. Asimismo, la conexión entre las neuronas que forman una misma columna tiene consecuencias funcionales, ya que poseen propiedades de respuesta similares. Por ejemplo, la penetración vertical de un electrodo en un punto de la corteza visual revela que las células pertenecientes a esa columna reaccionan a estímulos luminosos con la misma orientación (por ejemplo, reaccionan a la presentación de una barra luminosa oblicua), mientras que otra penetración (otra columna) revelará una preferencia distinta (por una barra luminosa horizontal, por ejemplo). Los mapas topográficos, las láminas y las columnas revelan un principio general: la explotación de las propiedades geométricas de la disposición de las neuronas, que se conectan localmente para el procesamiento de la información.

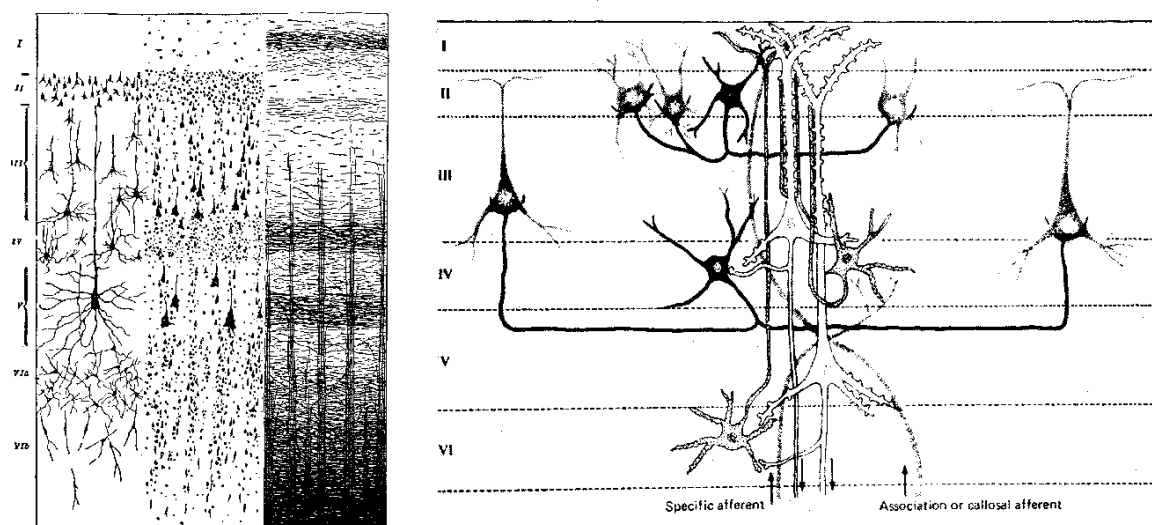


Figura 3. Láminas y columnas de la corteza cerebral

A la izquierda, vista microscópica de un corte transversal de la corteza cerebral que muestra la organización en láminas, para la mitad izquierda se utilizó una tinción que colorea sólo los cuerpos celulares y en la mitad derecha una técnica que colorea sólo los axones, tanto los cuerpos celulares como los axones están organizados en capas. A la derecha, un dibujo que ilustra la organización en capas y en columnas; también se observa la llegada y la salida de fibras de proyección y de asociación.

Redes locales o circuitos locales

Dentro de un mm^3 de corteza cerebral, hay 10^5 neuronas y aproximadamente 10^9 sinapsis (100.000 neuronas y 1.000 millones de sinapsis). ¿Cómo trabaja este mm^3 de corteza? Hay enormes dificultades empíricas para estudiar esta masa de axones, dendritas y sinapsis. Es técnicamente posible registrar la actividad de neuronas aisladas y también hay estudios que utilizan múltiples electrodos (por ejemplo, 100 microelectrodos). Pero con estos recursos, la proporción de la información que se puede captar es muy lejana a la que en realidad procesan las neuronas de la red local. Pese a ello, y con la técnica de

los microelectrodos, se ha logrado desentrañar de qué manera las redes locales que se agrupan en la corteza visual contribuyen a representar en el cerebro propiedades de los estímulos tales como la orientación de las líneas o el movimiento de los bordes.

El nivel de las redes locales es relevante para las funciones psicológicas superiores; es en este nivel en el que se espera encontrar respuestas a preguntas como “¿cómo logra el cerebro representar letras o palabras escritas?”, “¿cómo se representan y almacenan en la memoria los rostros conocidos?”, “¿cómo se codifican en el cerebro los sonidos conocidos, las palabras, la música, los ruidos del ambiente?” Uno de los recursos que se utilizan para investigar este nivel es indirecto: la simulación por computadora. Los modelos computacionales se construyen sobre la base de las hipótesis que tienen los investigadores acerca de cómo funciona una red en el cerebro. Los experimentos consisten en comparar el “comportamiento” de la red computacional con el desempeño de sujetos normales. Por ejemplo, en una red que simula la lectura en voz alta, se compara el perfil del “aprendizaje de la red” con el de los niños, luego de “entrenar” a la red con una serie de palabras y posteriormente presentarle a la red palabras nuevas. Si la red computacional muestra los mismos patrones de respuesta que los niños que están aprendiendo a leer, se asume que la red simulada por una computadora es compatible con la red neural verdadera (por ejemplo, comete el mismo tipo de errores que los niños, aprende a la misma velocidad). Otros experimentos de simulación por computadora consisten en “lesionar” la red computacional (modificar algunos parámetros del programa) para observar si produce el mismo patrón de errores que un sujeto que presenta alteraciones de la lectura como consecuencia de una lesión cerebral.

Neuronas

A partir del trabajo de Ramón y Cajal, la neurona fue considerada la unidad anatómica y funcional del sistema nervioso, ya que posee las propiedades necesarias para que el sistema nervioso cumpla su función: procesar información para generar y controlar la conducta adaptativa. Los estudios más recientes muestran a la neurona como una unidad de procesamiento mucho más compleja que lo imaginado inicialmente. Este es uno de los niveles de organización sobre el que más se conoce.

Sinapsis y moléculas

Las neuronas generan señales eléctricas que dependen de la distribución de los iones a ambos lados de la membrana celular; esta distribución está regulada por canales ubicados en la membrana celular de la neurona. Las neuronas se conectan entre sí a través de las sinapsis, un componente básico para la función neural (del sistema nervioso). La comunicación sináptica entre neuronas se realiza mediante la liberación de moléculas llamadas neurotransmisores que actúan sobre receptores ubicados en la

membrana postsináptica. Los niveles de organización de la sinapsis y las moléculas han sido y son intensamente estudiados.

La formulación de los niveles de organización del sistema nervioso es útil para enfocar los problemas en el estudio del mismo y para evitar errores reduccionistas dentro del propio campo de las Neurociencias. Para cada problema, uno de los niveles es más apropiado que el otro. Si nos preguntamos por los mecanismos neurales de la conciencia, los niveles adecuados no son los niveles neuronal, sináptico o molecular. El fenómeno de la conciencia no depende de un neurotransmisor, ni de un tipo de sinapsis, ni siquiera de un único grupo de neuronas; es posible que la experiencia consciente dependa de la contribución de varios sistemas.

Por ejemplo, si estudiamos las bases biológicas de la lectura, los niveles adecuados son los de sistemas, regiones y redes locales: el de regiones para determinar qué áreas del cerebro participan en la lectura, el de redes para estudiar cómo una población de neuronas almacena en el cerebro las representaciones neurales de letras y palabras escritas, y el de sistemas para investigar cómo se relacionan los sistemas del lenguaje y la visión para conformar el sistema de lectura.

La investigación también puede centrarse en los niveles más bajos; por ejemplo, indagar cuáles son los cambios celulares, sinápticos y moleculares producidos por un tipo de aprendizaje.

Algunos temas, el de la memoria es el más notorio, son investigados simultáneamente en varios niveles; se realizan estudios tanto en el nivel de los sistemas como en los niveles sináptico y molecular. En cambio, otros temas, como el lenguaje, están aún bastante restringidos a los niveles de mayor escala espacial (a los niveles de sistemas, regiones y redes locales).

Los estudios en el caracol *Aplysia*

Cuando veamos el tema “habitación y sensibilización en *Aplysia*”, utilizaremos los estudios sobre aprendizaje en este caracol para hacer una ejemplificación sobre los niveles de análisis de la conducta y los niveles de organización del sistema nervioso.

Relación mente-cerebro: reduccionismo biológico, psicologismo, y teoría del doble aspecto

Existen distintas posturas filosóficas acerca de la naturaleza de las relaciones mente-cerebro que resultan en diferentes tipos de explicaciones para los fenómenos mentales y la conducta.

El reduccionismo plantea que las propiedades y explicaciones de un campo de investigación pueden ser reducidos a (sustituídos por) las propiedades y explicaciones de otro campo de investigación que, por lo general, se enfoca en un nivel de investigación inferior. Por ejemplo, se ha planteado que los fenómenos biológicos pueden ser reducidos a propiedades y explicaciones químicas o físicas (reduccionismo químico o físico). La utilización de explicaciones reduccionistas apelando a un nivel inferior ha resultado útil con cierta frecuencia en la ciencia. Por ejemplo, la biología molecular se basó en conceptos y métodos de la química y dio un fuerte impulso a la biología. Pero el reduccionismo entraña serios riesgos cuando adopta posiciones extremas e ignora que los sistemas más complejos tienen propiedades que no pueden ser reducidas ni explicadas en términos de las propiedades de sus elementos constituyentes. Es el caso de los seres vivos y, en particular, es el caso de uno de sus aspectos: el comportamiento de los animales, incluido el hombre. Los fenómenos de este nivel son estudiados con conceptos, explicaciones y métodos psicológicos, y la psicología registra importantes logros en esa empresa.

El **reduccionismo biólogo** (Churchland, 1995; Crick, 1994) reconoce que los conceptos y explicaciones psicológicas (representaciones, procesos, memoria de corto plazo, funciones ejecutivas) son actualmente útiles para la exploración científica, pero considera que, en el futuro, serán reemplazados por conceptos y constructos puramente biológicos (redes corticales, patrones de disparos neuronales, neurotransmisores). En otras palabras, el reduccionismo biológico cree que, a medida que se conozca más y más acerca del cerebro, la psicología se verá reducida a biología.

La **“teoría del doble aspecto”** representa una alternativa al reduccionismo biólogo. Fue inicialmente formulada por Spinoza (1632–1677) en su crítica al dualismo cartesiano (Descartes 1596-1650). Spinoza sostenía que la mente y el cerebro eran dos formas diferentes de explicación para la misma cosa, pero no dos tipos diferentes de cosas. Este enfoque tiene resonancias contemporáneas y sigue siendo popular entre algunos neurocientíficos actuales. Los que favorecen la teoría del doble aspecto rechazan el reduccionismo y señalan que los conceptos cognitivos basados en la mente nunca serán reemplazados por completo por las explicaciones neurocientíficas (Velmans, 2000).

Una oposición radical al reduccionismo biólogo está representada por un enfoque que podríamos llamar **“psicologismo”** para el cual, los datos y las explicaciones biológicas (neurales) no sirven para cuestionar las teorías y los modelos psicológicos. Según este enfoque, las neurociencias no tienen nada que aportar a la psicología.

La formulación de niveles de análisis de la conducta que hemos expuesto en este texto está más cerca del enfoque del “doble aspecto” que del reduccionismo biólogo o

del psicologismo. Pensamos que poner en contacto la teoría psicológica con la teoría neural conduce a una interacción entre ambos campos de investigación que enriquece tanto a los modelos psicológicos como a los modelos neurales. De hecho, este contacto está produciendo nuevos datos y nuevas explicaciones.

Finalmente, dentro del propio campo neurocientífico, hay sesgos reduccionistas en los intentos de privilegiar las explicaciones basadas en los niveles inferiores. Por ejemplo, intentar explicar el funcionamiento de las redes y los sistemas neurales en términos de los niveles inferiores, por ejemplo, las neuronas y las sinapsis. Esto representa un reduccionismo en el interior del nivel de análisis neural. La formulación de los niveles de organización es útil para evitar este tipo de errores porque cada problema se circunscribe a un nivel de organización. Si nos preguntamos por los mecanismos neurales de la conciencia, los niveles adecuados no son el neuronal, sináptico o molecular. El fenómeno de la conciencia no depende de un neurotransmisor, ni de un tipo de sinapsis, ni siquiera de un único grupo de neuronas; es más posible que la experiencia consciente dependa de un sistema de sistemas. Si estudiamos las bases biológicas de la lectura, los niveles adecuados son los de sistemas, regiones y redes locales. La investigación puede también dirigirse a los cambios celulares producidos por el aprendizaje, es decir a los niveles de menor escala espacial: los niveles neuronal, sináptico y molecular. Si nos preguntamos por el papel de ciertos genes en la conducta necesariamente tendremos que abordar el nivel molecular.

Pensamos que la formulación de “niveles de análisis de la conducta” y de “niveles de organización del sistema nervioso” ayuda a prevenir enfoques reduccionistas y psicologistas.