



ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ

## Bases biológicas del comportamiento humano (6)

### 1. El tejido nervioso: la neurona

La unidad básica del sistema nervioso es la neurona, una célula especializada que transmite mensajes o impulsos nerviosos a otras neuronas, glándulas y músculos. Las neuronas encierran el secreto del funcionamiento del cerebro y, en consecuencia, de la naturaleza de la conciencia humana. Conocemos el papel que cumplen en la transmisión de los impulsos nerviosos, y también sabemos cómo funcionan algunos circuitos neuronales, pero todavía queda mucho por descubrir sobre el funcionamiento de la memoria, la emoción y el pensamiento, procesos todos ellos mucho más complejos.

Los diferentes tipos de neuronas del sistema nervioso varían enormemente en tamaño y forma, pero todas tienen ciertas características comunes. Del cuerpo celular o soma, salen unas proyecciones denominadas dendritas (de la palabra griega dendron, que significa «árbol»), que reciben los impulsos nerviosos de las neuronas adyacentes. El axón es un tubo estrecho que se extiende desde el soma y que transmite estos mensajes a otras neuronas (o a músculos y glándulas). En el extremo, el axón se divide en un determinado número de pequeñas ramificaciones que terminan en unos pequeños botones llamados terminaciones sinápticas.

El botón terminal no toca la neurona adyacente, sino que hay un ligero espacio entre estos botones y el cuerpo celular o las dendritas de la neurona receptora. Esta unión se denomina sinapsis, y el espacio en sí se denomina espacio sináptico. Cuando un impulso nervioso viaja a través del axón y llega a los botones terminales, provoca la secreción de un neurotransmisor, una sustancia química que se difunde a través del espacio sináptico y estimula a la siguiente neurona, transmitiendo así el impulso de una neurona a otra. Los axones de muchas neuronas forman sinapsis en las dendritas y el cuerpo celular de una única neurona.

Aunque las neuronas poseen estas características comunes, varían mucho en tamaño y forma. Una neurona de la médula espinal puede tener un axón de 1 ó 2 metros de longitud, que vaya desde el final de la médula a los músculos del dedo gordo del pie; una neurona cerebral puede cubrir tan sólo unas pocas milésimas de centímetro.

Las neuronas se clasifican en tres categorías, dependiendo de su función general. Las neuronas sensoriales transmiten los impulsos recibidos por los receptores al sistema nervioso central. Los receptores son células especializadas que se encuentran en los órganos sensoriales, los músculos, la piel y las articulaciones, los que detectan los cambios físicos o químicos y traducen estos hechos en impulsos que viajan a lo largo de las neuronas sensoriales. Las neuronas motoras generan señales originadas en el cerebro o la médula espinal que van a los músculos y a las glándulas. Las interneuronas reciben las señales de las neuronas sensoriales y

envían los impulsos a otras interneuronas o a las neuronas motoras. Las interneuronas se encuentran únicamente en el cerebro, los ojos y la médula espinal.

Un nervio es un paquete de axones elongados que comprenden cientos o miles de neuronas. Un único nervio puede estar compuesto de axones tanto de neuronas sensoriales como motoras. En general, los cuerpos de las neuronas se agrupan en el sistema nervioso formando grupos. En el cerebro y en la médula espinal, un grupo de cuerpos neuronales recibe el nombre de núcleo. Cuando un grupo de cuerpos neuronales que se encuentra fuera del cerebro o de la médula espinal se llama ganglio.

Además de las neuronas, el sistema nervioso cuenta con un gran número de células no neuronales, llamadas células de glía, y que están intercaladas entre, y a menudo en torno a las neuronas. Las células de glía son más numerosas que las neuronas en una proporción de 9 a 1 y ocupan más de la mitad del volumen del cerebro. El nombre de glía, derivado de la palabra griega «pegamento», sugiere una de sus funciones, en concreto, el mantener a las neuronas en su sitio. Además, proveen de nutrientes a las neuronas, parecen «mantener el orden» en el cerebro recogiendo y «empaquetando» los productos de desecho, y fagocitando las neuronas muertas y las sustancias extrañas, manteniendo así la capacidad de transmisión de impulsos de las neuronas. De esta forma, las células gliales actúan asistiendo a las neuronas en su función, al igual que el entrenador de un equipo de fútbol, que mantiene a los jugadores hidratados a lo largo del juego.

## 2. El impulso nervioso

La información recorre la neurona en forma de un impulso nervioso llamado potencial de acción: un impulso electroquímico que viaja del cuerpo celular al extremo del axón. Cada potencial de acción es el resultado de movimientos de moléculas eléctricamente cargadas, conocidas como iones. La velocidad del potencial de acción en su viaje por el axón puede variar desde 3 a 300 kilómetros por hora, dependiendo del diámetro del axón; los más grandes suelen ser los más rápidos. La velocidad también depende de si el axón está cubierto de una capa de mielina. Esta capa se compone de células gliales especializadas que envuelven al axón, una tras otra, dejando pequeños espacios entre. Estos pequeños espacios se llaman nódulos de Ranvier. La capa de mielina se presenta especialmente en las zonas donde la transmisión rápida del potencial de acción es crítica, como por ejemplo, en los axones que estimulan los músculos esqueléticos. En la esclerosis múltiple, una enfermedad cuyos síntomas aparecen entre los 16 y los 30 años, el sistema inmune ataca y destruye las capas de mielina del organismo, provocando graves disfunciones motoras.

## 3. Los neurotransmisores

Se han identificado más de 70 neurotransmisores distintos, y seguramente se descubrirán más. Obviamente, resulta imposible explicar todos los neurotransmisores del sistema nervioso en este capítulo. En cambio, nos centraremos en unos pocos que influyen en la conducta.

**ACETILCOLINA:** La acetilcolina está presente en muchas sinapsis del sistema nervioso. Normalmente, es excitadora pero también puede actuar como inhibidora, dependiendo del tipo de molécula receptora que se encuentre en la membrana de la neurona postsináptica. La acetilcolina está presente particularmente en un área del prosencéfalo llamada hipocampo, que juega un papel fundamental en la formación de nuevos recuerdos. Este neurotransmisor es un elemento clave en la enfermedad de Alzheimer, un trastorno devastador que afecta a muchas personas mayores, causando alteraciones en la memoria y en otras funciones cognitivas. En los pacientes con Alzheimer, las neuronas del prosencéfalo productoras de acetilcolina se degeneran y sintetizan menos neurotransmisor. Cuanta menos acetilcolina se produce, más severas son las pérdidas de memoria.

**NOREPINEFRINA:** La norepinefrina es un neurotransmisor del tipo de las monoaminas. Es producida en su mayor parte por neuronas del troncoencéfalo. La cocaína y las anfetaminas prolongan la acción de la norepinefrina, ralentizando su reabsorción. Debido a este retardo, las neuronas receptoras se activan durante un periodo más largo de tiempo, lo que produce los efectos psicoestimulantes de estas sustancias. Por el contrario, el litio aumenta la reabsorción de la norepinefrina, lo que deprime el ánimo de la persona. Cualquier sustancia que provoque un aumento o disminución de la norepinefrina en el cerebro está relacionada con la excitación o depresión del estado de ánimo.

**DOPAMINA:** La dopamina, también una monoamina, es químicamente muy similar a la norepinefrina. La liberación de dopamina en ciertas áreas del cerebro produce intensas sensaciones de placer, y actualmente se está investigando el papel de la dopamina en el desarrollo de las adicciones. La existencia de demasiada dopamina en determinadas regiones cerebrales puede causar esquizofrenia, y una cantidad insuficiente en otras áreas puede degenerar en la enfermedad de Parkinson. Los fármacos utilizados para tratar la esquizofrenia, como la clorpromazina o la clozapina, bloquean los receptores de la dopamina. Por el contrario, la L-dopa, un fármaco que se receta normalmente para tratar la enfermedad de Parkinson, aumenta los niveles de dopamina en el cerebro.

**SEROTONINA:** La serotonina es otra monoamina. Al igual que la norepinefrina, la serotonina juega un papel fundamental en la regulación del estado de ánimo. Por ejemplo, se han asociado unos bajos niveles de serotonina con sentimientos depresivos. Los inhibidores de la reabsorción de serotonina son antidepresivos que aumentan los niveles de serotonina en el cerebro, bloqueando su reabsorción en las neuronas. La fluoxetina (Prozac), la duloxetina (Zimbalta), el escitalopram (Esertia), etc., fármacos que se prescriben para tratar la depresión, son inhibidores de la reabsorción de serotonina. Puesto que la serotonina también es importante para la regulación del sueño y el apetito, también se utiliza en el tratamiento de la bulimia, que es un trastorno alimentario.

Todas las partes del sistema nervioso están interrelacionadas pero tradicionalmente se considera dividido en dos partes fundamentales. El sistema nervioso central incluye todas las neuronas del cerebro y de la médula espinal. El sistema nervioso periférico está constituido por los

nervios que conectan el cerebro y la médula espinal con las demás partes del cuerpo. El sistema nervioso periférico se divide asimismo en el sistema somático, que lleva y trae mensajes de los receptores sensoriales, los músculos y la superficie corporal, y el sistema autónomo, que se comunica con los órganos internos y las glándulas.

Los nervios sensoriales del sistema somático transmiten información sobre la estimulación externa de la piel, músculos y articulaciones al sistema nervioso central. Así es como nos enteramos del dolor, la presión y los cambios de temperatura. Los nervios motores del sistema somático llevan impulsos desde el sistema nervioso central a los músculos, en donde inician la acción. Todos los músculos que movemos voluntariamente, así como los ajustes involuntarios de la postura y el equilibrio, están controlados por estos nervios. Los nervios del sistema autónomo van y vienen de los órganos internos, regulando procesos como la respiración, el ritmo cardíaco y la digestión. El sistema autónomo tiene un papel primordial en las emociones.

La mayoría de las fibras nerviosas que conectan las distintas partes del cuerpo con el cerebro se unen en la médula espinal, en donde las vértebras de la espina dorsal las protegen. La médula espinal es extremadamente compacta; tan sólo tiene el diámetro del dedo meñique. Algunos de los reflejos estímulo-respuesta más sencillos se ejecutan en el nivel de la médula espinal. Un ejemplo de ello es el reflejo de la rótula. Al golpear el tendón de la rodilla, los músculos insertados en él se estiran; una señal se transmite desde las células sensoriales del músculo, a través de las neuronas sensoriales, y llega a la médula espinal. Allí, las neuronas sensoriales hacen sinapsis directamente con las neuronas motoras. Éstas transmiten entonces impulsos de vuelta al mismo músculo, haciendo que éste se contraiga y que la pierna se extienda. Aunque esta respuesta pueda darse únicamente en la médula espinal sin necesidad de recibir ningún input del cerebro, también puede verse afectada por mensajes de centros nerviosos superiores. Por ejemplo, si apretamos las manos justo antes de recibir el golpe en la rodilla, el movimiento de extensión quedará exagerado; y si imaginamos que la rodilla no puede moverse justo antes de que el médico golpee el tendón, es posible inhibir el reflejo.

Según MacLean, se puede considerar el cerebro humano como configurado en tres capas concéntricas: (1) el núcleo central, que regula nuestras acciones más primitivas, muy importantes para la supervivencia (2) el sistema límbico, que controla nuestras emociones y (3) el cerebro, que regula nuestros procesos intelectuales superiores. Utilizaremos el marco organizativo de MacLean para explicar las estructuras del cerebro y sus respectivas funciones.

a) El núcleo central o tronco encefálico está compuesto por cinco estructuras: el bulbo raquídeo, el cerebelo, el tálamo, el hipotálamo y la formación reticular. Controla los actos involuntarios como la tos o el estornudo, así como algunas acciones «primitivas» que están bajo control voluntario como la respiración, el vómito, el sueño, el apetito y la sed, la regulación de la temperatura y la conducta sexual.

b) El sistema límbico se encuentra alrededor del núcleo central del cerebro e íntimamente interconectado con el hipotálamo. Es una serie de estructuras que parecen imponer controles adicionales sobre algunas de las conductas instintivas reguladas por el hipotálamo y el tronco encefálico. Los animales que poseen un sistema límbico rudimentario, como los peces o los reptiles, se alimentan, atacan, huyen y se reproducen mediante conductas estereotipadas. En los mamíferos, el sistema límbico parece inhibir algunos de estos patrones instintivos y permite al organismo ser más flexible y adaptarse mejor a los cambios del entorno.

El sistema límbico también participa en la conducta emocional. La amígdala, una estructura con forma almendrada en el interior del cerebro, resulta esencial en las emociones, tales como el miedo. Por ejemplo, los monos con lesión en la amígdala demuestran una marcada reducción del miedo. Los humanos que sufren este tipo de lesiones no reconocen las expresiones faciales de temor y son incapaces de aprender nuevas respuestas al miedo.

c) El cerebro está más desarrollado en los humanos que en cualquier otro organismo. La capa externa del cerebro, se denomina corteza cerebral (o simplemente cortex), de la palabra latina que significa «corteza». La corteza de un cerebro preservado es gris porque está constituida en su mayor parte por cuerpos neuronales y fibras sin mielina, de ahí el término sustancia gris. El interior del cerebro, por debajo de la corteza, está formado mayoritariamente por axones mielinizados y tiene un aspecto blanco (también llamada sustancia blanca).

Cada uno de los sistemas sensoriales envía información a áreas específicas de la corteza. Las respuestas motoras, o los movimientos de las partes del cuerpo, se controlan por una de las áreas del cortex. El resto de la corteza, que no es ni sensorial ni motora, consiste en áreas de asociación. Estas áreas ocupan la mayor parte de la corteza en los humanos y participan en la memoria, el pensamiento y el lenguaje.

El cerebro está compuesto de dos hemisferios, derecho e izquierdo, que están conectados entre sí por medio del cuerpo calloso. Son básicamente simétricos, con una profunda división entre ellos que va de delante a atrás. Así, nos referimos a los hemisferios derecho e izquierdo. Cada hemisferio está dividido en cuatro lóbulos –frontal, parietal, occipital y temporal –, amplias regiones de la corteza cerebral que desempeñan diversas funciones.

Describir el cerebro en términos de tres estructuras concéntricas –el núcleo central, el sistema límbico y el cerebro– no significa que estas estructuras sean independientes. Son más bien el análogo de una red de ordenadores interrelacionados. Cada una tiene unas funciones especializadas, pero deben trabajar en combinación para obtener la mayor eficacia.

El sistema nervioso periférico se divide en dos: el sistema somático y el sistema autónomo. El sistema somático controla los músculos esqueléticos y recibe información de la piel, los músculos y de varios receptores sensoriales. El sistema autónomo controla las glándulas y los músculos lisos, incluyendo el corazón, los vasos sanguíneos y las paredes del estómago y los intestinos. Estos músculos se denominan «lisos» porque ése es su aspecto bajo un microscopio. (Los músculos esqueléticos, por el contrario, tienen un aspecto estriado.) El sistema

nervioso autónomo toma su nombre del hecho de que muchas de las actividades que controla, como la digestión y la circulación, son autónomas o autorreguladas, y se mantienen incluso cuando el sujeto está dormido o inconsciente.

El sistema nervioso autónomo se divide en dos ramas, la simpática y la parasimpática, cuyas acciones son, por lo general, antagonistas. El sistema nervioso simpático se activa normalmente durante los momentos intensos de alerta, y el sistema nervioso parasimpático que se asocia con el resto de las actividades. Por ejemplo, el sistema parasimpático contrae la pupila del ojo, estimula el flujo de saliva y disminuye el ritmo cardíaco; el sistema simpático tiene, en cada caso, el efecto contrario. El equilibrio entre ambos sistemas mantiene el estado normal del organismo (entre la excitación extrema y la placidez vegetativa).

La rama simpática tiende a actuar como una unidad. En un momento de excitación emocional, aumenta la frecuencia cardíaca, dilata las arterias de los músculos esqueléticos y del corazón, cierra las arterias de la piel y de los órganos de la digestión y produce transpiración, todo ello de forma simultánea. También activa ciertas glándulas endocrinas para segregar hormonas que aumenten aún más el nivel de alerta.

En oposición al sistema simpático, la rama parasimpática tiende a actuar sobre un órgano cada vez. Es dominante durante los periodos de inactividad, participa en la digestión y, en general, mantiene las funciones que preservan y protegen los recursos corporales. Por ejemplo, un ritmo cardíaco y una respiración lentos, mantenidos por el sistema nervioso parasimpático, requieren mucha menos energía que la frecuencia cardíaca rápida y la respiración agitada, que son consecuencia de la activación del sistema nervioso simpático.

A pesar de que ambos sistemas suelen ser antagonistas, hay algunas excepciones. El sistema simpático es dominante durante episodios de temor y excitación, por ejemplo, pero una respuesta parasimpática al temor muy común es una descarga involuntaria de la vejiga o del intestino. Otro ejemplo es el acto sexual completo en el varón, que requiere la erección (parasimpático), seguido de la eyaculación (simpático).

Texto basado en:

*Atkinson & Hilgard's (2003) Introducción a la Psicología, Cap. 2, Madrid: Thomson Ed.*



