



Héctor Vielma Nava

20 Controlando nuestra maquinaria corporal

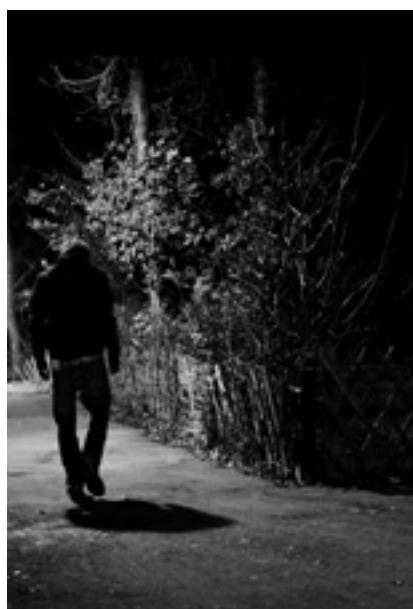
Visita una fábrica y observa detenidamente la maquinaria que la conforma. Notarás la cantidad de controles y mecanismos de control que hacen posible su funcionamiento. Cuanto más compleja sea la fábrica, mayor será la sofisticación de sus controles. Ahora piensa en los seres vivos como «fábricas o maquinarias vivas».

Los organismos y sistemas vivos son extremadamente complejos, sobre todo los organismos multicelulares como nosotros. ¿Te puedes imaginar la multitud y complejidad de los controles y mecanismos de control que tienen que existir para regular o controlar nuestra maquinaria corporal?

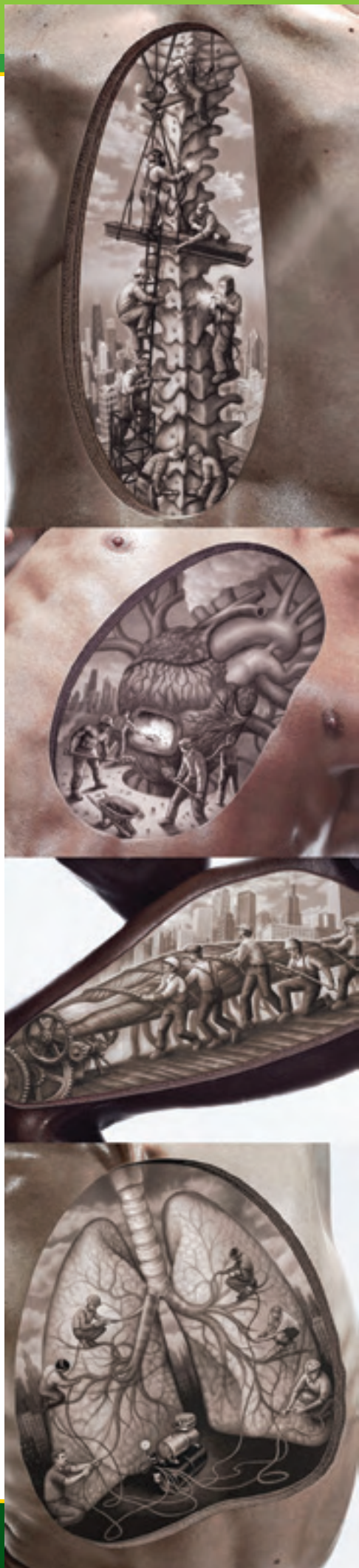
Así como las computadoras, carros, aviones y maquinarias de las fábricas no pueden funcionar sin controles, ningún organismo puede existir sin mecanismos precisos para controlar sus diversas actividades. No es nueva la idea de que las máquinas y los animales tienen similitudes en sus mecanismos de comunicación y control, pues ya en 1947 Norbert Wiener (1894-1964), científico estadounidense, acuñó el término cibernética para designar a la ciencia del control y comunicación en máquinas y animales.

En términos de las leyes físicas y químicas, nuestro cuerpo es una enorme y compleja maquinaria, donde además de reguladores intracelulares básicos (reguladores enzimáticos, por ejemplo), la existencia de una multitud de diferentes células, organizadas en tejidos, órganos y sistemas, obviamente impone la necesidad de mecanismos globales de control. Seguramente habrás oído hablar de globalización. Pues bien, esto no es nada nuevo, nuestro cuerpo también funciona de esa manera.

¿Quién al pincharse el dedo gordo del pie no lo retira rápidamente del objeto que lo pinchó? ¿Quién al tocar un objeto caliente no retira inmediatamente la mano de él? Y por último, ¿quién al estar frente a una situación de peligro no siente que su corazón se le acelera? La información acerca de todos los aspectos importantes de los ambientes externo e interno del cuerpo debe ser «monitoreada» continuamente. Esta información debe ser integrada y sobre la base de su contenido se deben enviar «instrucciones» a las células de los diversos tejidos y órganos (en particular músculos y glándulas), ordenándoles aumentar o disminuir el ritmo de sus actividades. Esta transmisión e integración de información es desempeñada fundamentalmente por los dos grandes sistemas de comunicación y control de nuestra maquinaria corporal: los sistemas nervioso y endocrino u hormonal.



Imagínate que te diriges caminando a tu casa alrededor de la una de la madrugada, por un lugar solitario de una ciudad como Caracas, y de repente te das cuenta de que alguien te está siguiendo, a poca distancia y de forma persistente. ¿Qué ocurre? Tu cerebro detecta el peligro e inmediatamente genera unas cuantas opciones de respuesta; él selecciona una y actúa en consecuencia, reduciendo o eliminando el riesgo.



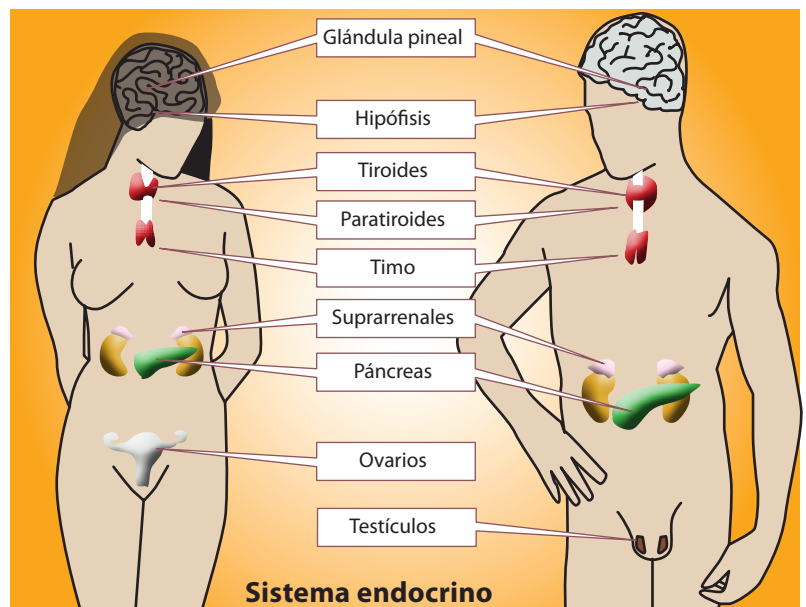
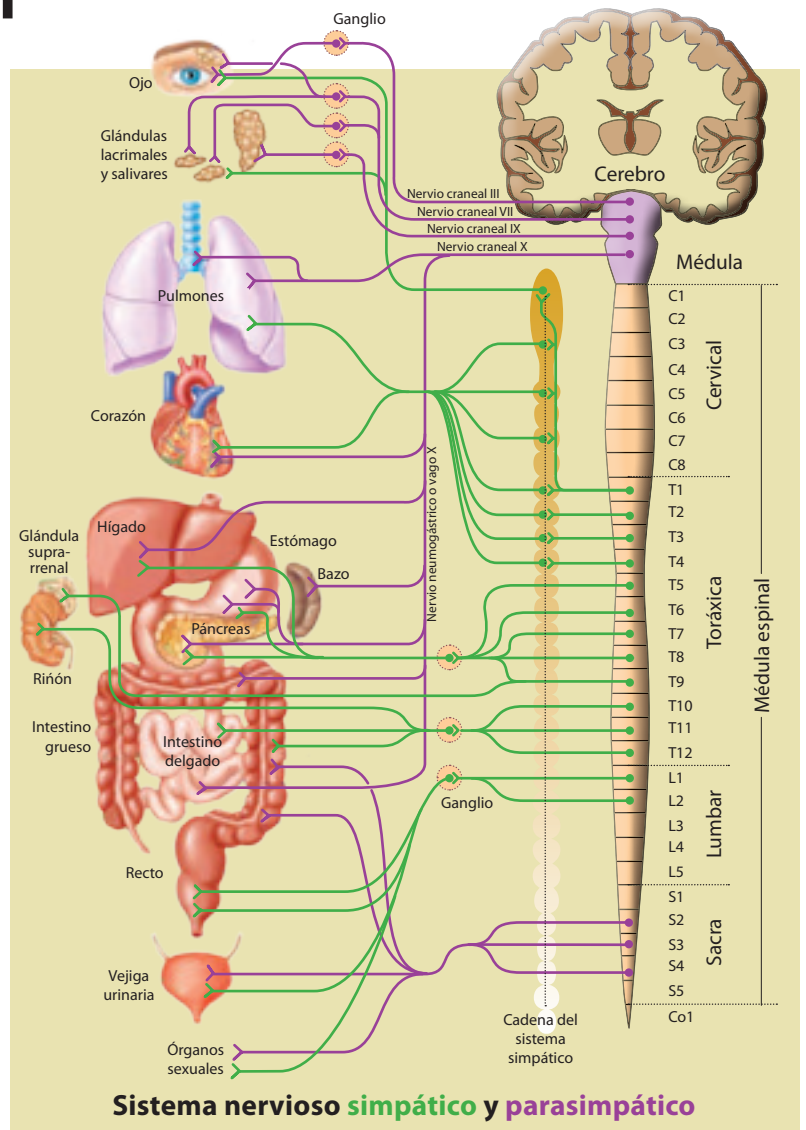
El cerebro y el cuerpo interactúan: hablan y se comunican

El cerebro y el cuerpo están integrados mediante circuitos bioquímicos y neurales (nerviosos) que se conectan mutuamente. Son dos las principales rutas de comunicación: la primera es la vía de comunicación por «cables», similar a la telefónica y telegráfica, constituida por nervios periféricos sensoriales y motores que transportan «señales eléctricas» desde cada parte del cuerpo al cerebro y desde éste a todas las partes del cuerpo. La segunda ruta es una vía de comunicación «inalámbrica», pues el torrente sanguíneo transporta «señales químicas» tales como las hormonas que son producidas y secretadas por las células y glándulas endocrinas, que constituyen el sistema endocrino.

Los sistemas nervioso y endocrino contribuyen a la supervivencia del organismo, controlando las actividades de sus diversos componentes. De esta manera, cualquier cambio, o la posibilidad de que éste ocurra, inicia de inmediato una cadena de eventos que enfrenta el cambio en el ambiente interno del cuerpo, equilibrando la situación o llevándolo a que se prepare para lo que pudiera ocurrir. Por ejemplo, cuando subes a grandes altitudes, como los páramos andinos, sientes que te «falta el aire»; lo que te está sucediendo es que la concentración de oxígeno de tu cuerpo está baja. Ante esta situación, el sistema nervioso detecta el cambio y aumenta su actividad hacia los músculos responsables de los movimientos respiratorios. Esto trae como consecuencia un aumento compensatorio en la captación de oxígeno, lo que contribuye a restaurar su concentración normal.



¿Sabías que el ejemplo antes mencionado es análogo a ciertos sistemas de ingeniería, que permiten el mantenimiento de la concentración constante de oxígeno en un submarino?



El sistema nervioso: redes entrelazadas e interconectadas

Las redes son los patrones de la vida. Donde quiera que encontremos sistemas vivos (organismos, partes de organismos o comunidades) podemos observar que sus componentes están conectados en forma de red. El sistema nervioso, el más complejo del cuerpo, es un ejemplo. Está hecho de miles de millones de células nerviosas o neuronas, especializadas en comunicación. Cada una de ellas funciona como una computadora.

Las neuronas se organizan en redes y circuitos, capaces de detectar y procesar información tanto del exterior como del interior del organismo. Dentro de esos circuitos reside no sólo la capacidad de generar respuestas inmediatas a los estímulos, sino también la capacidad de recordar esos estímulos y respuestas, relacionarlos con otras experiencias y aprender de la información procesada. Las conexiones nerviosas y las sustancias secretadas en todo el sistema condicionan nuestra personalidad, incluyendo nuestra capacidad de amar y odiar.

Comprender el sistema nervioso humano es tal vez el mayor desafío de la biología. Comencemos con los bloques básicos de la armazón del sistema: las neuronas. Todos nacemos con una dotación completa de neuronas, de las que vamos perdiendo cada vez un número mayor a medida que envejecemos.

Aun cuando los sistemas nerviosos de animales tan diferentes como los calamares y los seres humanos varían enormemente en su estructura, sus neuronas funcionan de manera similar. Las membranas celulares generan señales eléctricas llamadas impulsos nerviosos o potenciales de acción y las conducen desde un determinado lugar de la célula a los lugares más distantes de la misma, distancia que puede ser mayor a un metro.

A pesar de que la mayoría de las **neuronas** tienen cuatro regiones: un cuerpo celular, dendritas, un axón y terminales axónicos (botones terminales), presentan una gran variabilidad morfológica. Todas las neuronas participan de una característica común: transmiten impulsos o mensajes que van o vienen del cerebro, conducidos por las prolongaciones delgadas de las neuronas, los axones o fibras nerviosas, las «líneas telefónicas del sistema nervioso». La información recibida por las dendritas puede determinar que el cuerpo celular genere un impulso nervioso que es conducido a lo largo del axón hasta la célula que es su blanco (célula destinataria), la cual puede ser otra neurona, una célula muscular o una glándula. Cerca de la célula destinataria, el axón se divide en un «ramillete» de fibras terminaciones nerviosas, cada una de ellas terminadas en un engrosamiento, el botón terminal, que libera una sustancia química, el neurotransmisor, que se une a sitios receptores en la membrana de la célula blanco.

El sistema de señales es doble: eléctrico y químico

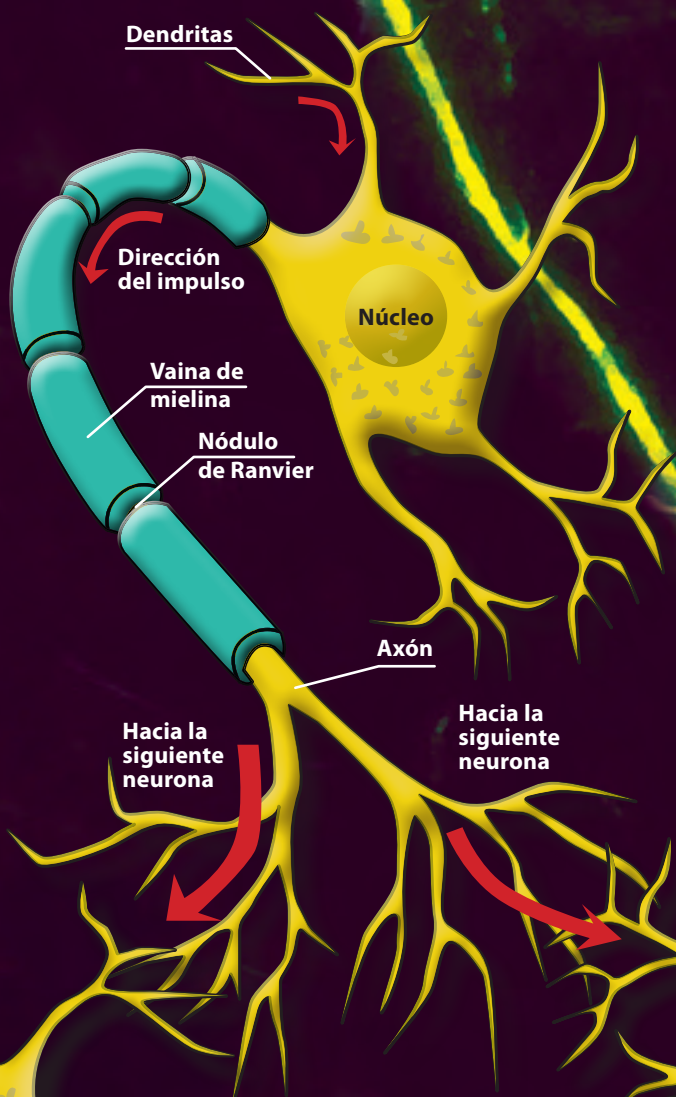
La señal generada por una neurona y transportada a lo largo de su axón es un impulso eléctrico, pero la señal es transmitida de una célula a otra por medio de sustancias transmisoras que fluyen a través de un contacto especializado entre el proveedor de la información (un axón terminal u ocasionalmente una dendrita) y el destinatario de la misma (una dendrita, un cuerpo celular, u ocasionalmente un axón terminal). Este proceso se conoce como sinapsis.

No sólo de neuronas está constituido el sistema nervioso

De hecho, en el sistema nervioso sólo hay un 10% de neuronas. También encontramos células que tienen una variedad de funciones, son las células gliales. Algunas sostienen físicamente a las neuronas, otras ayudan a efectuar los contactos celulares correctos durante el desarrollo embrionario y no menos importantes son las que aíslan eléctricamente a los axones, tal como lo hace la cubierta plástica de un cable.

Cuando el aislamiento es importante

Alrededor de las membranas de la mayoría de las neuronas existe una cubierta constituida por capas concéntricas de grasa, formada a partir de células gliales; lo que se conoce como vaina de mielina. Ésta se interrumpe a determinados intervalos (nodos de Ranvier); así que el impulso nervioso parece saltar de un nodo a otro, a medida que se propaga a lo largo de la fibra mielinizada (conducción saltatoria), lo que hace la conducción mucho más rápida. Una fibra mielinizada de gran grosor puede conducir el impulso nervioso a una velocidad de hasta 523 km/hora, mientras que fibras más delgadas no mielinizadas lo conducen a unos 2,5 km/hora.

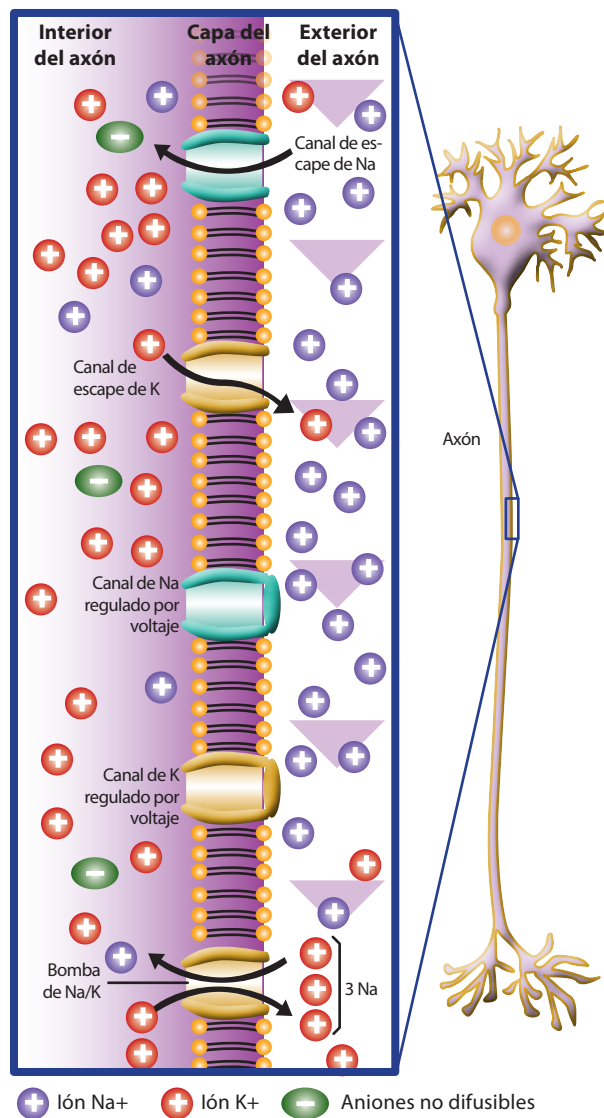
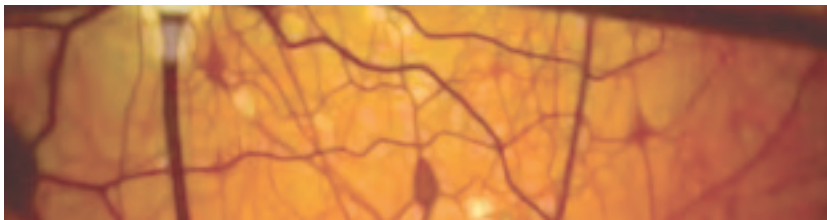


¿Sabías que el impulso nervioso generado por un pinchazo avanza a una velocidad de 43 kilómetros por hora, mientras que el generado por una caricia puede viajar a una velocidad de 217 kilómetros por hora? ¿Verdad que es preferible que a uno lo traten bien?

Una corriente muy curiosa

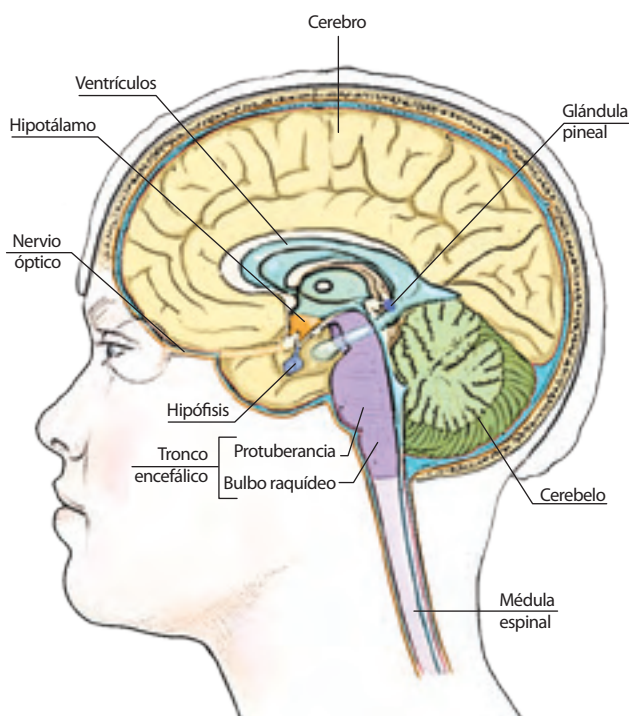
Los impulsos nerviosos son ondas eléctricas; sin embargo, una fibra nerviosa no funciona como un cable eléctrico, ni tampoco el impulso nervioso se asemeja a la electricidad. Se trata más bien de una corriente transmitida por iones (átomos con carga positiva o negativa) fundamentalmente de sodio (Na) y potasio (K) cargados positivamente, que se desplazan o fluyen a través de canales iónicos (proteínas que atraviesan la membrana) hacia el interior y el exterior de la neurona. Esta «corriente biológica» se propaga sin pérdida de intensidad, algo que la ingeniería eléctrica no ha podido igualar, salvo raras excepciones, como por ejemplo en los materiales superconductores, pero sólo a temperaturas cercanas al cero absoluto ($-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$).

En una red eléctrica normal, una buena cantidad de energía se disipa en calor al vencer la resistencia del conductor. Desde este punto de vista, una fibra nerviosa es un material inverosímil, pues su resistencia eléctrica es millones de veces mayor que la de un alambre conductor de cobre; así que una corriente eléctrica ordinaria no fluiría a través de una fibra nerviosa, sino que se propagaría hacia los líquidos y tejidos circundantes, la mayoría de los cuales son más bien buenos conductores.



Un sistema nervioso muy complejo

En los vertebrados, y particularmente los mamíferos, incluyéndonos, la mayoría de las neuronas se encuentran en el encéfalo (dentro de la cabeza) y en la médula espinal (dentro de la columna vertebral), lo que constituye el sistema nervioso central (SNC). La información es transmitida mediante neuronas aferentes desde los órganos de los sentidos hasta el SNC y desde éste a los efectores (músculos y glándulas), mediante neuronas eferentes que se extienden o residen fuera del encéfalo y de la médula espinal. Las neuronas aferentes y eferentes, así como sus células de sostén, conforman el sistema nervioso periférico (SNP), que llega a todos los tejidos y órganos y se conecta al SNC mediante los nervios espinales y craneanos.



¿Cómo se entera el cerebro de lo que ocurre dentro y fuera del cuerpo?

Sólo las estructuras denominadas receptores son capaces de convertir estímulos como luz, sonido, frío o calor, en impulsos nerviosos, único lenguaje comprensible por el sistema nervioso. Estos impulsos son conducidos por las neuronas aferentes del SNP hasta el cerebro o la médula espinal. Las «órdenes» emitidas por el cerebro o su colaborador inmediato, la médula espinal, son transmitidas a los órganos efectores por las neuronas eferentes.

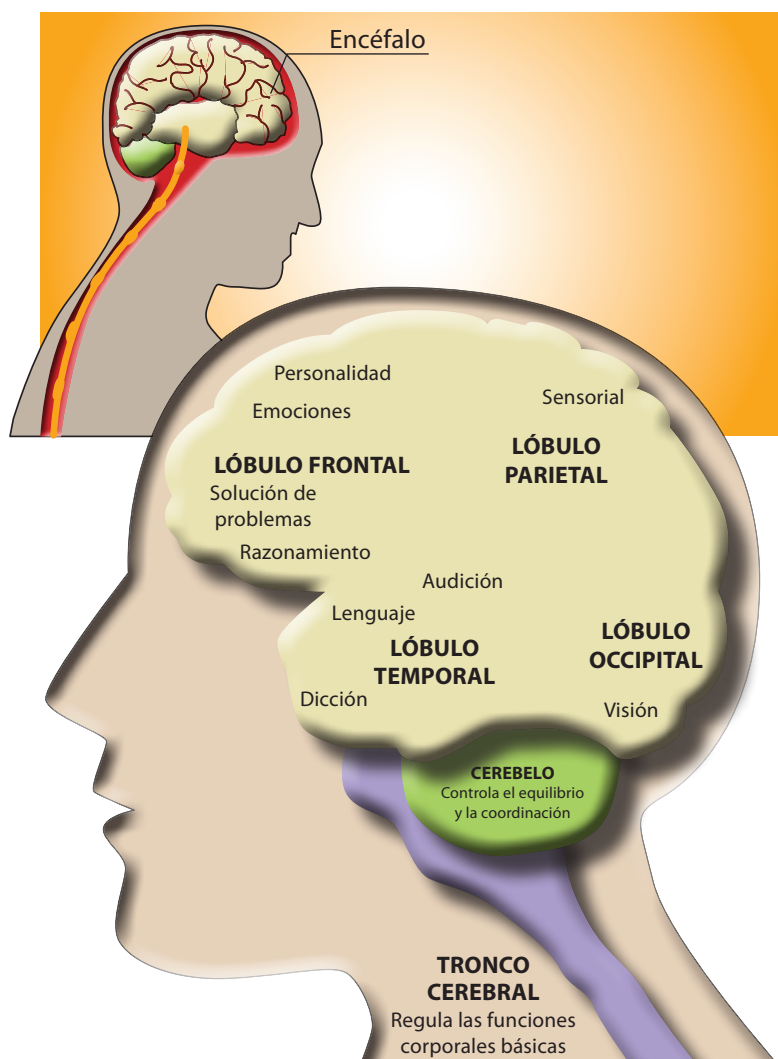
Ahora bien, como te podrás imaginar, una máquina tan complicada y con tantos controles como nuestro cuerpo debería tener centros pilotos de control. De hecho, los tiene. Éstos están localizados en el SNC; el centro principal de control reside en el cerebro y el segundo en el mando, en la médula espinal.

La médula espinal recibe la información del cuerpo y la procesa

La médula espinal funciona como el sistema de conexión entre el cerebro y el resto del organismo; conduce la información en ambas direcciones entre el encéfalo y los órganos del cuerpo; integra gran cantidad de información proveniente del SNP y responde a ella produciendo órdenes motoras que controlan el movimiento.

El cerebro: el centro del control maestro del cuerpo

El centro piloto de control de la maquinaria humana se encuentra en el cerebro, que es además donde reside nuestra individualidad y personalidad. Pero, ¿qué es y cómo trabaja ese órgano milagroso? Esta pregunta se encuentra entre las más profundas de la ciencia moderna, pero aún no tiene una respuesta convincente. El cerebro humano pesa alrededor de 1,5 kg, está compuesto principalmente de agua y tiene la consistencia y el color de un flan de vainilla; sin embargo, la complejidad de esta pequeña masa de tejido excede la de cualquier otra materia conocida. El trabajo del cerebro es procesar y almacenar información, y controlar el funcionamiento y comportamiento del cuerpo. El cerebro está constantemente recibiendo, integrando e interpretando información proveniente de todos los sentidos. Para responder a esa información, genera órdenes a los músculos y órganos. Pero, ¿qué clase de aparato es el cerebro que lo capacita para llevar a cabo su extraordinario desempeño?



La «galaxia cerebral». El cerebro humano podría quizás llamarse la «galaxia cerebral», pues se piensa que consta de más de cien mil millones de neuronas, aproximadamente el mismo número de estrellas de nuestra galaxia. La corteza cerebral contiene unos diez mil millones de neuronas. El número de sinapsis o de contactos entre neuronas es quizás de unos mil billones. ¡Hay que echarle cerebro!

¿Te imaginarías el cerebro como una máquina? En el siglo XVII, Descartes pensó que todo en la naturaleza, incluyendo el hombre, se comportaba como una máquina, y el modo de operación del cerebro fue comparado con el de un reloj. Ahora, al cerebro se le compara con una computadora y más recientemente con un holograma, un proceso fotográfico nuevo que crea imágenes tridimensionales. Estas analogías, tan diferentes, lo único que enfatizan es cuán poco conocemos nuestro cerebro.

El sistema endocrino: el sistema de control químico

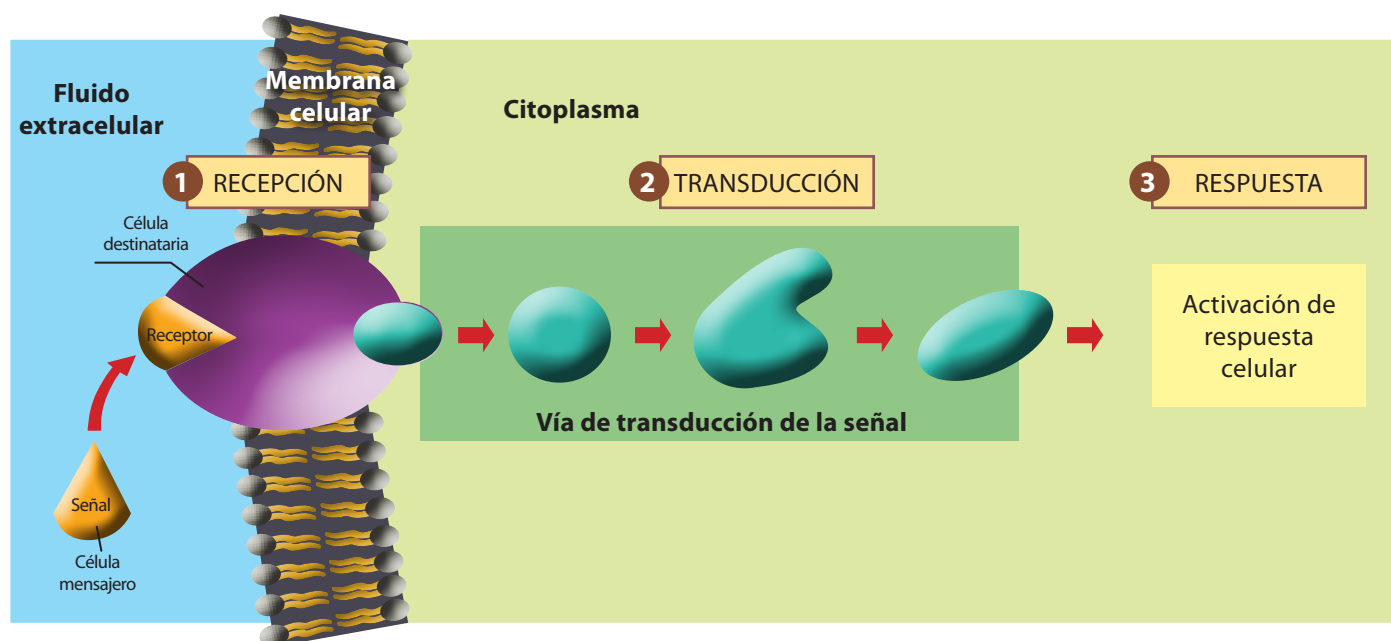
¿Te has preguntado alguna vez por qué algunas personas son tan altas? ¿Por qué unas personas son más violentas que otras? ¿Por qué hay mujeres fértiles y otras no? ¿Por qué algunos animales copulan más en una época del año que en otra? Las respuestas a estas preguntas y a muchas otras relacionadas tienen que ver con el show de las hormonas, es decir, con el sistema endocrino o sistema de control químico.

El sistema endocrino suele ser mucho más lento que el sistema nervioso, porque las hormonas, las cuales son sustancias químicas secretadas por glándulas endocrinas y que se producen en mínimas concentraciones, deben viajar a través de la sangre a las células, tejidos u órganos específicos, donde van a desarrollar su acción. Las glándulas endocrinas de efectos más ampliamente distribuidos en el cuerpo son la hipófisis, las gónadas, la tiroides y las glándulas adrenales. Los efectos hormonales sobre el organismo pueden durar varias horas, días, semanas e incluso años o de por vida, dependiendo en qué órgano actúen y de la etapa de desarrollo de dicho órgano.



Armando el rompecabezas

De la misma manera que la radio se sintoniza con una frecuencia específica, la célula destinataria de la hormona se ajusta para responder a mensajes químicos específicos. En otras palabras, la célula destinataria y la mensajero se acoplan como piezas de un rompecabezas; la parte de la célula que recibe el mensaje se conoce como receptor.

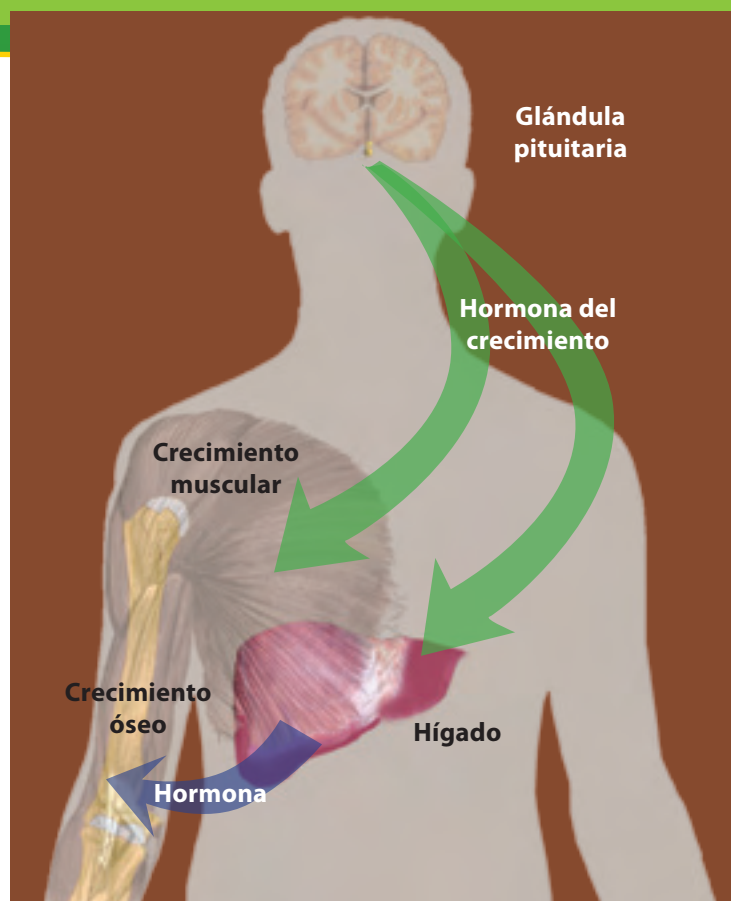


Ahora, imagina lo que hacen las hormonas por ti

Éstas controlan e integran muchas de tus funciones corporales: reproducción, metabolismo y balance energético dada una información genética previa. Casi todo lo que hacemos tiene que ver con las hormonas. Entre otras cosas, las hormonas regulan nuestras emociones e impulsos básicos, tales como necesidades sexuales, violencia, ira, miedo y alegría. También favorecen nuestro crecimiento e identidad sexual, pues gracias a las hormonas somos quienes somos: hombres o mujeres.

Una verdadera interacción

En la integración y control de nuestras funciones corporales, el SNC actúa por medio de un pequeño pero importante centro de integración, el hipotálamo, regula la actividad del sistema endocrino; a su vez, ciertas hormonas como las sexuales y tiroideas actúan sobre el SNC, lo que establece estrechos lazos de retroalimentación entre ambos sistemas.



Cuestiones de bioética

Bebés adictos al crack

Cada año, unos 300 mil recién nacidos ya son adictos al crack a causa de la adicción de sus respectivas madres. El crack es una forma barata de cocaína que estimula permanentemente partes del cerebro que gobiernan las sensaciones de placer. Los bebés adictos se estremecen con convulsiones y responden a los estímulos de su entorno con irritabilidad crónica. Los bebés adictos al crack son incapaces de responder al arrullo y otras formas comunes para tranquilizarlos. Puede pasar un año o más antes de que puedan reconocer a su propia madre. Si no reciben tratamiento, es posible que sean emocionalmente inestables, propensos a explosiones de agresividad y silenciosos como piedras. Se les ha transmitido un sistema nervioso dañado. ¿Qué se puede hacer ante este drama?



Leonardo Mateu Suay

La madrugada del domingo 29 de junio de 2008, la comunidad científica venezolana sufrió un duro golpe. Había fallecido Leonardo Mateu Suay, un infatigable científico, y además de ello, un caballero, hombre de familia, afable, humilde y con excelente sentido del humor. Leonardo Mateu nació en España en 1939 y obtuvo la licenciatura en Biología en la UCV en 1970 y fue el mejor alumno de su promoción. Viajó a Francia para cursar estudios de doctorado en Biología Molecular, egresando con honores en 1974. Su área principal de investigación fue la biofísica.



A su regreso a Venezuela, el Dr. Mateu fue designado jefe del Laboratorio de Estructura Molecular del IVIC, perteneciente al Centro de Biofísica y Bioquímica. Pocos años después llegó a ser director de dicho centro. También ocupó el cargo de Decano de Estudios Avanzados. Mateu desarrolló una brillante carrera en el IVIC: desde 1981 fue investigador titular en esta institución científica y posteriormente investigador emérito. Fue miembro principal del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (Conicit). La última función pública del Dr. Mateu fue al frente

de la Fundación Instituto de Estudios Avanzados (IDEA).

Los trabajos científicos de Leonardo Mateu fueron muy numerosos y tuvieron resonancia a escala nacional e internacional. Éstos se centraron fundamentalmente en la comprensión de la estructura y función de la mielina y de las lipoproteínas del plasma. Entre los servicios que le prestó a su nación se encuentran, además: la promoción de una metodología eficaz para el análisis cristalográfico de cálculos renales y

biliares de pequeño tamaño y el desarrollo de un novedoso servicio de pesquisa neonatal que permite detectar si un recién nacido tiene alguna malformación genética que pudiera generarle, posteriormente, retardo mental.

La calidad de la labor científica del Dr. Mateu recibió el reconocimiento de la nación venezolana, otorgándosele, entre otras distinciones, el Premio Nacional de Desarrollo Tecnológico (1982-1984); el Premio Lorenzo Mendoza Fleury, de Fundación Empresas Polar (1991); la Orden Andrés Bello en su primera clase (1996) y el Premio Nacional de Ciencia y Tecnología (2004).

Para saber más...

PURVES, W. K., Sadava, D., Orians, G. H. y Heller, H.G. (2001). *Vida: la ciencia de la biología*, 6ª edición. Editorial Médica Panamericana.

STRAND, F. L. (1982). *Fisiología humana: un enfoque hacia los mecanismos reguladores*. Nueva Editorial Interamericana, México, D.F.