

La gran diferencia de la especie humana con relación a otros animales está en su cerebro: es mayor de lo que le corresponde por su tamaño y, sobre todo, es capaz de generar el lenguaje. Los investigadores del Instituto Salk (California) Juan Carlos Izpisúa Belmonte, Diego Rasskin y Ángel Raya nos presentan en este capítulo un órgano cuyos principales misterios están aún por desvelar

8. EL CEREBRO Y LA MENTE

1,5 kilos de misterio para comprender la vida



JUAN CARLOS IZPISÚA BELMONTE / DIEGO RASSKIN / ÁNGEL RAYA

La especie humana es consciente de ser consciente. Eso no es poco. Pero aún hay más. Somos conscientes de que la gente alrededor nuestro es consciente de ser consciente. Esta metacoscienza nos distingue del resto de los seres vivos y nos proporciona una cohesión que se ha sobredimensionado a lo largo de nuestra historia evolutiva, dando lugar a la aparición de culturas y civilizaciones.

El cerebro nos acerca el mundo exterior y nos trae la realidad envasada en cinco sentidos que se unen para materializar la vida tal como la conocemos. Y todo fluye a lo largo de las neuronas, células que almacenan, procesan y reparten la información de lo que ocurre fuera y dentro de nuestro organismo. La mente es testigo, en cada uno de nosotros, de un modo absolutamente pri-

Cerebro y mente, la estructura y la función, se confunden en la más asombrosa y compleja creación de la evolución biológica

vado y singular, del curso de la existencia. Y es la mente la que genera respuestas emotivas, sensaciones de placer, alegría, miedo u odio. ¿O es el cerebro?

El cerebro es un órgano extraordinariamente complejo compuesto de un entramado de miles de millones de neuronas y

otras células auxiliares con billones de conexiones entre sí. Esta organización le permite evaluar las sensaciones procedentes del medio, almacenarlas, integrarlas y elaborar una respuesta de carácter adecuado para que el individuo pueda hacer frente a las situaciones del día a día.

Desde la antigüedad se había considerado el cerebro como una masa continua de composición indefinida que, mediante mecanismos hidráulicos, como pensaba Descartes, mandaba información a través de los nervios, considerados como tubos huecos por donde un líquido transmitía la presión mandada por el cerebro. Gracias a Santiago Ramón y Cajal, nuestro investigador universal, se puso de manifiesto, a finales del siglo XIX, que, en realidad, el cerebro está constituido, al igual que el resto de los órganos animales, por multitud de células, y que los nervios son conglomerados de axones, una de las tres partes principales en las que se dividen las neuronas. Ramón y Cajal compartió con Camilo Golgi el Premio Nobel de Medicina de 1906.

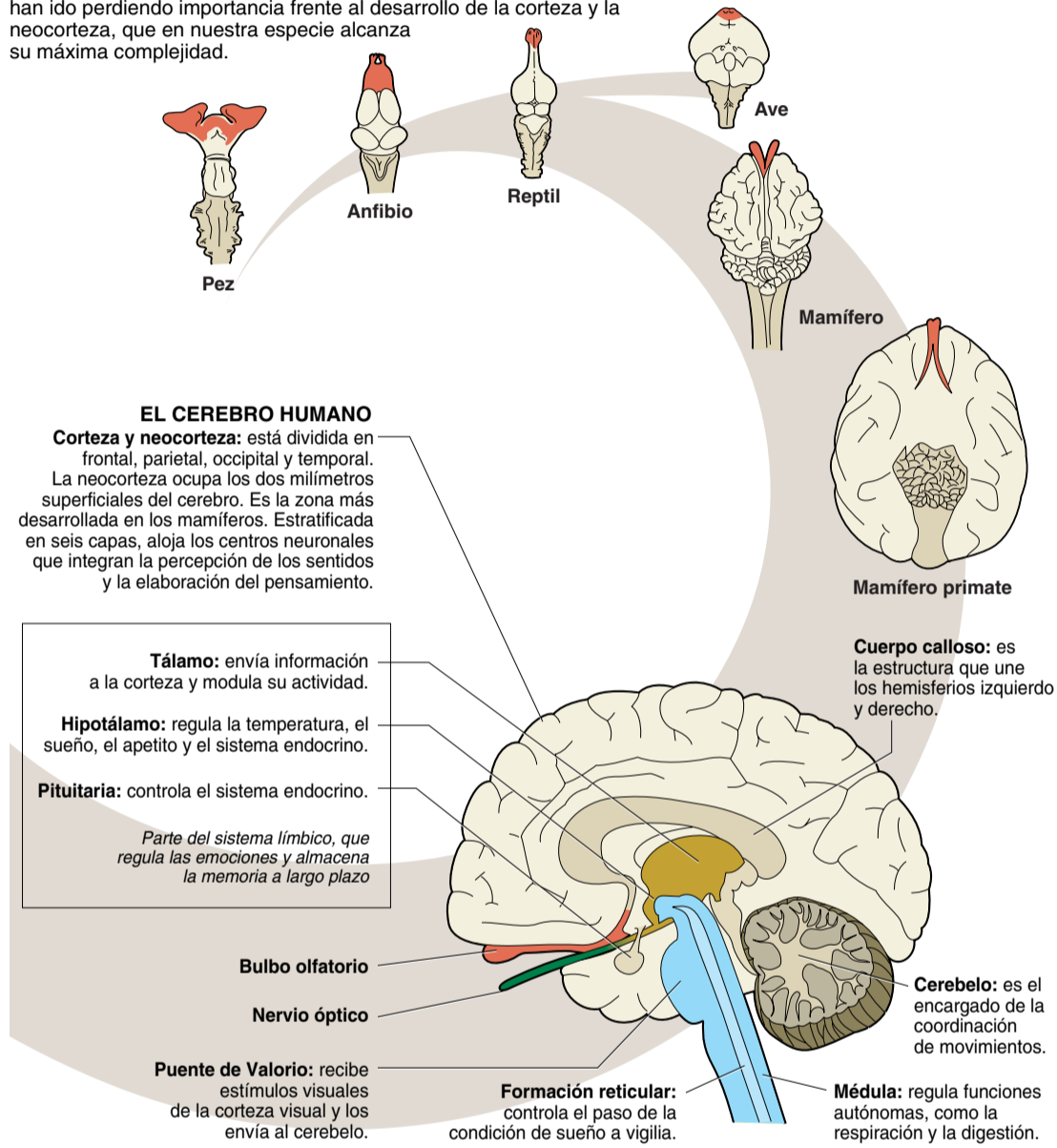
Las mariposas del alma

Las protagonistas indiscutibles del cerebro, y de todo el sistema nervioso, son las neuronas. Se trata de células especializadas en la recepción, almacenamiento, integración y distribución de la información. Su belleza y complejidad animó a Ramón y Cajal a referirse a los aproximadamente 100.000 millones de neuronas que componen el cerebro humano como "esas mariposas del alma". Con formas y tamaños de gran variación, las neuronas se relacionan entre sí mediante conexiones físicas entre sus estructuras de entrada y salida, las dendritas y los axones, mediante conexiones denominadas sinapsis.

Una neurona típica del cerebro se conecta con otras 10.000 neuronas, por lo que el número de conexiones dentro del cerebro es astronómico. Cada neurona tiene tres partes: el cuerpo neuronal, donde se aloja el núcleo de la célula y los restantes or-

La evolución del cerebro

El cerebro ha ido evolucionando en los animales vertebrados añadiendo nuevas estructuras sobre las existentes y potenciando el desarrollo de unas u otras, según el modo de vida de cada especie. Los bulbos olfatorios, en rojo, han ido perdiendo importancia frente al desarrollo de la corteza y la neocorteza, que en nuestra especie alcanza su máxima complejidad.



G. H. / EL PAÍS

gánulos; el axón, un filamento de longitud variable —de algunos micrómetros hasta metro y medio, como en el caso de los axones que inervan el pie desde la médula espinal— que ofrece la vía de transmisión por la cual viaja la electricidad que transmite los estímulos a otras neuronas, y las dendritas, estructuras filamentosas de longitud menor,

pero presentes en gran número, que reciben estímulos de los axones de otras neuronas.

Las neuronas motoras estimulan el movimiento de alguna parte del cuerpo, como, por ejemplo, las que inervan los músculos que mueven los dedos de la mano. Las neuronas sensoriales, por su parte, reciben información a partir de los órganos de

los sentidos (tacto, oído, vista, olfato y gusto) y convierten el estímulo físico que llega a las células especializadas de cada órgano (células receptoras) en el estímulo electroquímico típico de las neuronas que se transmite hacia las zonas especializadas del cerebro. En la piel, por ejemplo, las células receptoras son las propias terminaciones nerviosas,

Genética y educación, los dos pilares de la inteligencia

EL DEBATE acerca de cuánto hay de innato y cuánto de adquirido en la inteligencia es muy extenso. Un problema fundamental para cualquier teoría de la inteligencia es distinguir entre lo que se entiende por diferencias individuales y aquello que aparece como resultado de las influencias sociales. En otras palabras, un mismo test de inteligencia puede dar resultados muy diferentes en contextos sociales distintos.

Además, dependiendo del contexto en el que vive un individuo, la inteligencia puede desarrollarse en distintos sentidos. Una de estas teorías contextuales propone la existencia de distintos tipos de inteligencia: lingüística, lógico-matemática, espacial, musical, cinética corporal, interpersonal e intrapersonal. Cuando habla-

mos de inteligencia, no estamos hablando de un concepto único. La práctica de cuantificar la inteligencia de un individuo fue ideada por el psicólogo francés Alfred Binet, quien inventó el coeficiente intelectual (CI) como método para estimar la edad intelectual de un niño respecto a su edad biológica. Binet se cuidó bien de precisar que este tipo de test sería útil para distinguir niños con problemas de niños normales, pero nunca como baremo entre niños normales ni como medida de la inteligencia. A pesar de estas advertencias de Binet, el CI se ha utilizado de manera indiscriminada en multitud de situaciones que ha acabado estigmatizando colectivos de manera absurda. Un ejemplo de dicho abuso está representado por aquellos que creen ver en el mayor CI en las clases económi-

camente más favorecidas un reflejo de su superioridad intelectual frente a las demás clases, confundiendo la causa con el efecto.

El aprendizaje es, ante todo, una actividad que se despliega en toda su plenitud durante las primeras etapas del desarrollo animal. En el hombre, los primeros años determinan la adquisición de las facultades que más adelante actuarán como partes implícitas en la maquinaria mental, tales como la atención, la percepción o el lenguaje. Al pasar por las distintas fases de crecimiento, cada individuo se enfrenta al conocimiento del mundo de un modo personal y único. No existen dos experiencias vitales exactamente iguales, lo mismo que no existen dos personas genéticamente iguales, con excepción de los hermanos gemelos.

La inteligencia se adquiere paulatinamente y, ante todo, está en manos de la educación familiar y del entorno social inmediato, que determinará el desarrollo de las capacidades cognitivas, las cuales cimentarán las posibilidades para acceder al aprendizaje. No hay genios que hayan aprendido de la ignorancia. Sin embargo, no se puede negar que ciertas características personales determinadas en nuestra herencia genética predispongan a una mejor capacidad para adquirir y desarrollar las capacidades cognitivas. Así, la existencia de niños precoces en determinadas disciplinas como la música, las matemáticas o el ajedrez, dejan constancia de que también la genética desempeña un importante papel en el desarrollo de la inteligencia humana.

mientras que en la vista son células (conos y bastones) que envían la información de la impresión luminosa hacia las terminales de las neuronas sensoriales. Las interneuronas juegan un papel de intermediario entre las neuronas sensoriales y las motoras.

Las células de la glía acompañan a las neuronas para nutrir las y aislarlas, junto a otras actividades. Cuando alguien habla coloquialmente de materia gris, se está refiriendo a aquellas áreas del cerebro, principalmente las más superficiales, que muestran una gran densidad de cuerpos neuronales y carecen de células de la glía auxiliares, mientras que la materia blanca del cerebro aparece como consecuencia del color blanco de la mielina, la sustancia aislante de los axones.

Corrientes y recuerdos

El cerebro es como un gran circuito electrónico donde los axones y las dendritas hacen las veces del cableado por donde viaja la corriente electroquímica. Hay dos motivos clave en el funcionamiento neuronal: la generación de corriente mediante potenciales de acción y la comunicación química entre axones y dendritas mediante la liberación de mensajeros químicos denominados neurotransmisores.

La acción de los neurotransmisores, denominada neuromodulación, contribuye a excitar o inhibir a las neuronas con las que hacen contacto. Cada neurona recibe numerosos estímulos de excitación o inhibición que se suman para determinar si finalmente la corriente pasará o no. El bloqueo y el incremento en la acción de los neurotransmisores provocan estados de conciencia alterados, lo cual es aprovechado por la industria farmacéutica para crear sustancias que interfieran con estos procesos naturales. Los opiáceos, por ejemplo, poseen estructuras moleculares similares a los neurotransmisores, compitiendo por sus lugares de recepción.

El cerebro posee un sistema de memoria por el cual la información registrada por los órganos de los sentidos se almacena y recupera convenientemente. Las neuronas no sólo son los circuitos por los que pasa la corriente. La configuración de las conexiones entre dendritas y axones, que cambian con el tiempo a medida que el cerebro recibe estímulos, es la responsable de almacenar la memoria.

El cerebro, con una masa celular de entre 1,3 y 1,5 kilos de peso medio para las mujeres y los hombres adultos, respectivamente, requiere grandes cantidades de energía. A pesar de constituir el 2% del peso del organismo, consume hasta un 20% del oxígeno y de la glucosa presentes en la sangre, que le llega a través de las arterias cerebrales.

De las múltiples estructuras del cerebro, la corteza y la neocorteza, una masa plegada con dos hemisferios, el izquierdo y el derecho, presenta un gran desarrollo en el ser humano (ver gráfico). Es aquí donde residen los centros de control de la mayoría de las funciones cognitivas, centros que están relacionados por millones de conexiones entre sus neuronas integrantes. Las partes internas del cerebro llevan a cabo funciones más básicas, relacionadas con la supervivencia del organismo, entre las que se cuenta la memoria.

Además, el cerebro y el sistema hormonal están relacionados muy estrechamente. Un

CHARLES STEVENS
PROFESOR 'HOWARD HUGHES' DEL INSTITUTO SALK

“Lo que realmente diferencia nuestro cerebro es su habilidad para el lenguaje”

Chuck Stevens, doctor en medicina y físico, es profesor de investigación del Instituto Salk (California) y profesor externo y miembro del comité científico del Instituto de Santa Fe de ciencias de la complejidad, en Nuevo México. Entre sus numerosos trabajos en neurobiología destacan sus descubrimientos acerca de la estructura de la sinapsis y de los mecanismos de transmisión de la información en el cerebro, así como de los mecanismos moleculares de la memoria.

Pregunta. ¿Qué aspectos de la biología del desarrollo son importantes para comprender el cerebro?

Respuesta. Una gran parte de la biología del desarrollo trata de la formación de patrones, un proceso de especial relevancia para el funcionamiento del cerebro. La formación de patrones tiene que ver con el desarrollo de sistemas complejos, y el cerebro es el sistema más complejo que existe.

P. ¿Qué papel ha jugado la evolución para dar forma al cerebro?

R. Si comparamos nuestro cerebro con el de otros mamíferos, se comprueba el gran parecido que tienen. Mirando el cerebro de un ratón se pueden identificar las partes de nuestro cerebro rápidamente, porque son todas homólogas. Nuestro cerebro es como es porque comenzó siendo similar al de animales más antiguos y gradualmente evolucionó hasta convertirse en lo que es hoy día.

P. ¿En qué estado se encuentra el debate cerebro/mente?

R. Todos los investigadores en neurociencia creen que se puede explicar la mente únicamente en términos de la función del cerebro. Pero todavía es un misterio el modo en que se originan nuestras vividas experiencias a partir del funciona-



Charles Stevens.

miento de las neuronas. Es fácil comprender cómo hacer que un robot actúe como un ser humano, pero es muy difícil comprender por qué puedo experimentar el color rojo de una bandera. Yo pienso que simplemente no sabemos qué pregunta formular.

P. ¿Cómo podemos asociar el funcionamiento de las neuronas con las funciones cognitivas superiores: la memoria, el aprendizaje, la percepción o el lenguaje?

R. Uno de los principios más importantes de la organización de nuestro cerebro es el de la localización de funciones, que significa que todas las neuronas presentes en una región poseen la misma función. Las funciones cognitivas están localizadas en regiones específicas del cerebro: la percepción, el lenguaje o la formación de recuerdos, aunque probablemente los recuerdos se almacenan luego en otras áreas.

P. ¿Qué papel tiene el lenguaje en la experiencia consciente?

R. No puedo imaginarme la conciencia sin el lenguaje o algún tipo de manipulación simbólica. La apreciación consciente que tengo acerca de algo tan primitivo como un dolor me hace pensar enseguida sobre cuál es la causa del dolor. Me hablo a mí mismo: “¿Por qué me duele?, ¿está mejorando?, ¿cuándo va a desaparecer?, ¿en qué consiste este dolor?”. Mi experiencia del dolor depende en gran medida de esa conversación que tengo en mi interior.

P. ¿No es eso, en realidad, una racionalización del estado consciente?

R. No, porque creo que sin el lenguaje mi estado consciente sería tan distinto que no lo podría llamar del mismo modo. Esta idea la expresé en un congreso reciente y a nadie le gustó. Christof Koch [profesor del Caltech] estaba seguro de

que su perro experimenta algún tipo de conciencia. Pero yo simplemente no puedo imaginarme una experiencia consciente sin el lenguaje.

P. ¿Por qué es especial el *Homo sapiens*? ¿Es por el cerebro?

R. Yo diría que somos tan parecidos al resto de los animales en cualquier aspecto de nuestra biología que lo único que de verdad nos diferencia es nuestro cerebro. Por un lado, es demasiado grande para el tamaño de nuestro cuerpo. Nuestro cerebro es tres veces más grande de lo que nos corresponde si se compara con el resto de los animales.

Pero lo que realmente diferencia nuestro cerebro del de otros primates es su habilidad para el lenguaje. Las áreas responsables del lenguaje lo son también de la habilidad para hablar simbólicamente. Es lo único que nos hace especiales, pero vaya diferencia!

ejemplo importante de esta relación se manifiesta en la existencia de una glándula hormonal alojada dentro del propio cerebro, denominada pituitaria. Está directamente relacionada con el hipotálamo y constituye el eje hipotálamo-hipofisario. Este eje controla todos los procesos vitales del organismo: respiración, latidos del corazón, regulación sanguínea, temperatura corporal. La relación entre el hipotálamo y la glándula pituitaria regula también muchos de los comportamientos básicos, tales como la apetencia sexual, la reacción frente al frío, el miedo, la huida, la sed, el hambre.

No es necesario el cerebro para controlar, por ejemplo, los movimientos de sístole y diástole (contracción y expansión) del corazón, ni el movimiento del diafragma para efectuar la respiración en los pulmones. Estos movimientos están controlados por el sistema nervioso autónomo, que se comienza a formar durante las primeras fases del desarrollo embrionario y, obvia-

mente, cualquier fallo en él provoca efectos catastróficos.

Como todo órgano del cuerpo, el cerebro posee una serie de genes específicos que están relacionados con su forma y función. Muchos de estos genes actúan también en otras partes del organismo, mientras que otros son específicos para la diferenciación de las neuronas y las células gliales. La búsqueda de genes que estén detrás de funciones cognitivas superiores, tales como el lenguaje, ha dado como fruto el hallazgo del gen FOXP2, que se ha encontrado en distintos animales con sólo dos bases de diferencia respecto a la forma humana. Este gen está mutado en algunos pacientes humanos que muestran grandes dificultades para usar el lenguaje.

Ya desde los trabajos del lingüista Noam Chomsky, en los años cincuenta, se especulaba con la posibilidad de que el cerebro humano posee una capacidad innata para la gramática y el uso del lenguaje. Ahora, la ge-

Las neuronas no sólo son circuitos por los que pasa la corriente. La configuración de las conexiones entre ellas es la responsable de almacenar la memoria

Chomsky especuló con la posibilidad de que el cerebro humano posea una capacidad innata para el lenguaje. La genética empieza a respaldar esta idea

nética comienza a respaldar esta idea con datos concretos. Si bien falta mucho para descifrar la red genética completa que se encuentra detrás de la emergencia del lenguaje, así como los procesos de integración entre las distintas partes del cerebro que permiten a los humanos manejar el lenguaje simbólico y, a través suyo, erigirse en dueños de su destino.

Cerebro y mente, estructura y función, se confunden en la más asombrosa y compleja creación de la evolución biológica. La mente, que especula acerca de sí misma y acerca de la mente de los demás, sigue siendo un misterio para la ciencia que, tarde o temprano, terminará por desvelarse. Sin embargo, aunque sepamos qué significa la conciencia y qué fundamentos biológicos poseen las emociones, seguiremos elevándonos por encima de las leyes de la naturaleza para conovernos con nuestra singular manera de ver el mundo a través del sentido —tan únicamente humano— de la belleza.