

CEREBRO, EDUCACIÓN Y VIVIR HUMANO

Cómo potenciar la inteligencia y las emociones



Alexander Ortiz Ocaña

edü

Educación

CEREBRO, EDUCACIÓN Y VIVIR HUMANO

Cómo potenciar la inteligencia y las emociones

Alexander Ortiz Ocaña

edü[®]

Conocimiento a su alcance

BOGOTÁ - MÉXICO, D.F.

Ortiz Ocaña, Alexander

Cerebro, educación y vivir humano/ Alexander Ortiz Ocaña -- 1a. edición. Bogotá: Ediciones de la U, 2021

298 p. ; 24 cm.

ISBN 978-958-792-274-5

e-ISBN 978-958-792-275-2

1. Educación 2. Neuroeducación 3. Pedagogía I. Tít.

380 cd 24 ed.

Área: Educación

Primera edición: Bogotá, Colombia, junio de 2021

ISBN. 978-958-792-274-5

© Alexander Ortiz Ocaña

© Ediciones de la U - Carrera 27 # 27-43 - Tel. (+57-1) 3203510 - 3203499

www.edicionesdelau.com - E-mail: editor@edicionesdelau.com

Bogotá, Colombia

Ediciones de la U es una empresa editorial que, con una visión moderna y estratégica de las tecnologías, desarrolla, promueve, distribuye y comercializa contenidos, herramientas de formación, libros técnicos y profesionales, e-books, e-learning o aprendizaje en línea, realizados por autores con amplia experiencia en las diferentes áreas profesionales e investigativas, para brindar a nuestros usuarios soluciones útiles y prácticas que contribuyan al dominio de sus campos de trabajo y a su mejor desempeño en un mundo global, cambiante y cada vez más competitivo.

Coordinación editorial: Adriana Gutiérrez M.

Carátula: Ediciones de la U

Impresión: DGP Editores SAS

Calle 63 No. 70 D - 34, Pbx. (571) 7217756

Impreso y hecho en Colombia

Printed and made in Colombia

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro y otros medios, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

Contenido

Presentación.....	9
Capítulo 1. Técnicas científicas para estudiar el cerebro humano	13
Hablar sobre el cerebro sin observarlo.....	13
Observar el cerebro en movimiento	14
Capítulo 2. El cerebro: configuración biogenética	21
Cerebro	21
Genes	24
Neuronas	26
Neuronas espejo.....	27
Capítulo 3. Estructura cerebral: ¿hemisferios o configuraciones?	31
Hemisferio izquierdo del cerebro: configuración cognitiva-intelectual.....	34
Hemisferio derecho del cerebro: configuración afectiva-emocional	36
Capítulo 4. Configuración del cerebro fetal	41
Fecundación: el primer mes de vida del cerebro.....	46
Del segundo al cuarto mes de vida del cerebro: la neurogénesis	47
El quinto mes de vida del cerebro: la sinaptogénesis	48
Del sexto al octavo mes de vida del cerebro.....	49
El noveno mes de vida del cerebro.....	51
Capítulo 5. El cerebro en la primera infancia	53
El nacimiento del bebé.....	53
El primer año de vida: la sinaptogénesis sociocultural.....	57
El segundo y tercer año de vida: la revolución sináptica	66
El cuarto y quinto año de vida: la estabilización sináptica	73
Entre los seis y los doce años de vida: la consolidación neuronal.....	78
Cerebro y educación infantil	79

Capítulo 6. Evolución del cerebro. Diferencias de género	81
Cerebro adolescente	81
Cerebro adulto	86
Cerebro femenino y cerebro masculino.....	87
Capítulo 7. Cerebro y emociones. Afectividad neuronal	91
Emociones.....	91
Emociones y sentimientos	99
Emoción versus razón	103
Capítulo 8. Cerebro, felicidad y amor	113
Temperamento.....	113
Empatía	120
Felicidad.....	123
Amor	136
Capítulo 9. Cerebro e inteligencia	143
¿Qué es la inteligencia humana?	143
Test de inteligencia y coeficiente intelectual	152
¿Qué significa ser inteligente?	154
¿Existen múltiples inteligencias humanas o en realidad es solo una?	156
Hacia una nueva comprensión de la inteligencia humana.....	165
Capítulo 10. Cerebro y conciencia moral.	169
Espiritualidad neuronal	169
El cerebro moral: ¿nacemos los humanos con moralidad?	169
Cómo se configura la conciencia moral	175
Capítulo 11. Cerebro: memoria, imaginación y sueño	179
Memoria	179
Imaginación.....	186
Sueño	188
¿Podemos aprender mientras dormimos?	191

Capítulo 12. Cerebro: deporte, alimentación y televisión	195
Ejercicio físico	195
¿Cómo alimentar al cerebro?	196
El cerebro digital.....	202
Capítulo 13. ¿Cómo aprende el cerebro humano?.....	207
El cerebro aprendiz	207
Aprendizaje neuroconfigurativo	221
Problemas de aprendizaje.....	232
Capítulo 14. Modelo pedagógico configuracional	241
Configuracionismo biológico-cultural.....	241
Neuropedagogía	248
Pedagogía del amor	250
Neurodidáctica.....	253
Capítulo 15. Pensamiento configuracional	265
Pensamiento configuracional y estructura disipativa.....	265
Pensamiento configuracional y complejidad humana.....	269
Ontología del pensamiento configuracional	272
Configuraciones del pensamiento configuracional	285
Conclusión	287
Bibliografía.....	289

Presentación

El cerebro humano es la estructura física más compleja, holística, sistémica y dialéctica del universo. Uno de los más importantes, básicos y trascendentales interrogantes que el ser humano se ha planteado a lo largo de la historia de la especie es precisamente cómo funciona el cerebro humano y cómo se relaciona con la mente.

¿Qué piensan los más eminentes neurocientíficos de este siglo acerca de la relación mente-cerebro humano? ¿En qué están de acuerdo y en qué no? ¿Qué aportes hacen las neurociencias del siglo XXI a la comprensión de la esencia humana de nuestra especie? ¿Cuáles son los misterios de la mente y el cerebro humano? Precisamente, en este libro, entre otros aspectos enigmáticos, se examina un enigma profundo y misterioso: ¿cómo puede el tejido biológico que forma el cerebro dar origen a actividades a las que nuestra cultura se refiere como “la mente”? En términos coloquiales, ¿cómo esa esponja eléctrica de un kilo y medio, alojada en la parte superior de la cabeza, nos permite experimentar emoción y encanto frente a una hermosa mujer, luego nos hace recordar que debemos escribir un libro o hacer las tareas laborales pendientes y ponernos en movimiento hacia nuestro centro de trabajo?

En la actualidad, las neurociencias constituyen campos de investigación muy fecundos y los neurocientíficos están explicando las raíces de la personalidad y de la conducta, del pensamiento, de la inteligencia, del lenguaje, de la conciencia y de la afectividad humana; atributos esenciales en el ámbito educativo. Sin embargo, los psicólogos y científicos de la educación expresan que las neurociencias son mecanicistas, dogmáticas, estáticas y reduccionistas, ya que, en su intención de argumentar científicamente el carácter universal de sus teorías, soslayan la subjetividad humana, las intenciones, los deseos, las expectativas, las aspiraciones, los valores, las actitudes, los ideales, las convicciones y la propia historia personal de cada sujeto. Asimismo, los neurocientíficos hacen fuertes críticas a la psicología, a la pedagogía y a la didáctica, fundamentando que su aparato científico es débil y laxo.

En la actualidad, los neurocientíficos nos brindan un amplio conocimiento sobre cómo el cerebro aprende información nueva y la maneja a lo largo de la vida. Las investigaciones neurocientíficas nos arrojan mucha luz sobre cómo aprende el cerebro. Nuestra comprensión sobre el cerebro humano se ha profundizado de manera considerable a partir de las técnicas de neuroimágenes cerebrales, que miden la actividad del cerebro mientras las personas realizan una determinada tarea. Estos avances tecnológicos recientes proporcionan a los neurocientíficos una herramienta asombrosa para descubrir más cosas interesantes sobre el funcionamiento del cerebro.

Los neurocientíficos tienen muchísimo conocimiento sobre el aprendizaje: cómo se desarrollan las células cerebrales antes y después del nacimiento; cómo aprenden los bebés a ver, oír, hablar y andar; cómo los niños pequeños adquieren un sentido de la moral y del conocimiento social o cómo el cerebro adulto es capaz de seguir aprendiendo y madurando. Sin embargo, nos asombra que exista tan poco vínculo entre las investigaciones cerebrales y las políticas, las teorías y las prácticas educativas. Casi no hay literatura sobre las conexiones entre las neurociencias y la educación.

Partiendo de los hallazgos de las neurociencias, podemos afirmar que es posible utilizar algunos medios nuevos e innovadores para mejorar el aprendizaje y la memoria. El conocimiento de cómo aprende el cerebro tiene un gran impacto en la educación. Si comprendemos cómo el cerebro adquiere y conserva información y destrezas, seremos capaces de alcanzar los límites de su capacidad para aprender. Es posible transformar las estrategias educativas y diseñar programas que optimicen el aprendizaje a partir de la comprensión de los mecanismos cerebrales que subyacen al aprendizaje y a la memoria, así como los efectos de la genética, el entorno, la emoción y la edad en el aprendizaje.

Como se aprecia, una de las principales aportaciones que es capaz de hacer la neurociencia es esclarecer la naturaleza del propio aprendizaje. Sin embargo, a pesar de los importantes avances en nuestros conocimientos sobre el aprendizaje y el cerebro, los estudios neurocientíficos todavía no han encontrado una aplicación significativa en la teoría o la práctica de la educación. Esto es responsabilidad de los educadores y pedagogos. La neuropedagogía y la neurodidáctica tienen la palabra.

Es evidente que los neurocientíficos no lo saben todo sobre el cerebro y mucho menos, los psicólogos y educadores. Pero lo que sabemos nos permite tomar las mejores decisiones para educar niños amorosos, inteligentes y felices. De cualquier manera, independientemente de quiénes tengan la razón, el cerebro humano es la gran maravilla de nuestra especie y, en estas conver-

saciones sobre el cerebro y la mente humana, pretendemos sumergirnos en sus misterios, por cuanto asumimos que, si el educador conoce y comprende el funcionamiento básico de su cerebro y el de los niños, niñas, adolescentes y jóvenes y los aplica de manera creativa e innovadora en los procesos de formación, estos tendrían más pertinencia, relevancia y coherencia, ya que serían compatibles con el funcionamiento neuronal y mental.

Lo más importante no es quiénes tienen la razón, si los neurocientíficos, los psicólogos o los educadores. Lo más esencial en la actualidad es que estos se unan, que entrelacen sus ciencias, para formar una trama original, creativa e innovadora entre las neurociencias, la psicología y la pedagogía, formando así lo que en el libro denomino neuroeducación, neuropedagogía y neurodidáctica.

Los estudios que aparecen en este libro se han publicado en obras referenciadas o en revistas científicas indexadas en bases de datos de alto impacto. Algunos resultados que esbozo en esta obra han sido confirmados decenas de veces.

En esta obra, hago una propuesta holística e integradora desde las nuevas teorías de los sistemas, las configuraciones y la complejidad. El libro aborda la configuración entre el cerebro, la educación y el vivir humano, de manera que puedas aprender lo que necesites para actuar de manera compatible con el funcionamiento del cerebro.

Capítulo 1

Técnicas científicas para estudiar el cerebro humano

Hablar sobre el cerebro sin observarlo

Han transcurrido ya más de 80 años desde que Vygotsky (1925, 1926, 1930, 1934, 1968, 1979, 1981, 1982, 1987) y Piaget (1945, 1954, 1976, 1981, 1982, 1983, 1984) esbozaran sus innovadoras y controversiales teorías sobre el aprendizaje y el desarrollo humano. En la época de estos dos eminentes psicólogos aún no existía la tecnología que tenemos hoy para observar el cerebro en movimiento. Alexander Luria, notable neuropsicólogo ruso, tampoco lo pudo observar. No obstante, Luria (1928, 1937, 1976, 1979), a pesar de no observar la estructura cerebral, fue uno de los primeros neurocientíficos en analizarlo en tres módulos o sistemas: cognitivo, afectivo e instrumental.

Santiago Ramón y Cajal, padre de las neurociencias, tampoco pudo observar la estructura cerebral. Este neurólogo español, desde 1901, consideró a las neuronas como la esencia del funcionamiento del cerebro. Mediante sus investigaciones sobre los mecanismos que gobiernan la morfología y los procesos conectivos de las células nerviosas, desarrolló una teoría nueva y revolucionaria que empezó a ser llamada la “doctrina de la neurona”, basada en que el tejido cerebral está compuesto por células individuales (Ramón y Cajal, 2006, 2008).

En este tercer milenio todo es muy diferente, estamos viviendo una época apasionante y maravillosa para el estudio científico del cerebro. Actualmente, es posible observar el cerebro humano vivo en movimiento, mediante la utilización de múltiples herramientas, basadas en el principio de que las neuronas y demás células cerebrales transmiten información en forma de impulsos eléctricos. De ahí que hoy sea posible, mediante la tecnología, develar lo que una persona está pensando en un momento determinado, desentrañar lo que está sintiendo y cómo actuaría en los minutos siguientes.

Como todas las células del cuerpo, las neuronas funcionan como pequeñas baterías. “Existe una diferencia de voltaje (casi la décima parte de un voltio) entre el interior y el exterior de la célula, siendo el primero más negativo. Cuando se activa, la neurona descarga un impulso denominado potencial de acción. Entonces iones de sodio atraviesan a toda prisa los poros de la membrana, lo que invierte brevemente el voltaje a través de la misma” (Blackemore y Frith, 2008, p. 273).

Se pueden medir los impulsos eléctricos de las neuronas mediante el uso directo de electrodos. Por lo general, los estudios electrofisiológicos se llevan a cabo en animales, a los que se les toman registros de neuronas individuales. Esto es técnicamente muy complicado porque las neuronas son muy pequeñas. “Los registros se efectúan con agujas filiformes introducidas en el cerebro del animal mientras está anestesiado y se le presenta estimulación sensorial, o bien está despierto y ejecutando una tarea determinada. Esta técnica proporciona una medida directa de la actividad en la neurona” (Blackemore y Frith, 2008, p. 274).

Hacer esto mismo en el cerebro humano es muy difícil, aunque en algunas investigaciones se ha logrado indagar qué sucede cuando se estimulan las células del cerebro humano por medio eléctrico. Estos estudios revelan en detalle los recuerdos, emociones, sentimientos y pensamientos que afloran con solo estimular alguna configuración de cientos de miles de células nerviosas. El neurocirujano americano Wilder Penfield fue el primero en demostrar que se pueden estimular configuraciones de neuronas cerebrales de pacientes que experimentan cirugía cerebral. Por lo general, a las personas que se ofrecieron voluntarias para este estudio se les iba a practicar una intervención quirúrgica a cráneo abierto para curar la epilepsia. Esto es posible porque el cerebro no contiene receptores del dolor, de modo que durante la operación el paciente puede permanecer despierto y consciente sin sentir molestia alguna. Penfield se asombró al descubrir que la estimulación de pequeñas regiones de la corteza temporal provocaba que los pacientes evocaran recuerdos vividos de su infancia.

Observar el cerebro en movimiento

Para evaluar la actividad cerebral en los seres humanos existen diversos métodos no invasivos que miden la actividad de grupos de miles o millones de neuronas conectadas entre sí en regiones cerebrales concretas. “Los cambios de voltaje dentro de todas las neuronas activas originan diminutos campos eléctricos que irradian a través del tejido cerebral, el cráneo y la piel, pudiendo

ser captados mediante electrodos pegados a la superficie del cuero cabelludo. Estos registros constituyen lo que se conoce como electroencefalogramas (EEG)” (Blackemore y Frith, 2008, p. 275).

El EEG mide la actividad de las configuraciones de neuronas. Para detectar una señal, hace falta que estén activas muchos miles de neuronas. Normalmente, esto sucede a lo largo de varios minutos u horas. Se han medido diferentes ritmos durante los estados del sueño y la vigilia que indican en qué grado alguien está despierto en dicho momento. Mediante EEG, es posible distinguir períodos en que el individuo está más o menos despierto mientras duerme.

Los neurocientíficos usan con frecuencia EEG “para tomar registros de potenciales evocados (ERP, por *Event-Related Potentials*, o potenciales relacionados con el suceso), que son respuestas eléctricas producidas en un momento fijo en relación con un estímulo determinado. Es decir, se pueden tomar registros de las fluctuaciones de voltaje inducidas por el suceso (el tono) en el cerebro” (Blackemore y Frith, 2008, p. 275). Para entender este concepto, imaginemos un estímulo simple, por ejemplo, un tono individual. Si registráramos la actividad cerebral que sigue a la presentación del tono, habríamos captado un potencial evocado.

Una corriente eléctrica siempre genera un campo magnético, que también irradia a través del cráneo pudiendo ser medido fuera de la cabeza con detectores sensibles de campo magnético. Estas mediciones magnéticas reciben el nombre de magnetoencefalogramas (MEG). En 1975, se llevó a cabo el primer experimento de MEG, en el que se mostraron estímulos visuales a los participantes mientras los neurocientíficos medían los campos magnéticos en el cuero cabelludo. Los investigadores observaron que había respuestas magnéticas en la parte posterior del cerebro, donde se halla la corteza visual. Actualmente, los MEG se utilizan cada vez más en investigaciones sobre el funcionamiento del cerebro humano, pues a diferencia de los EEG, para establecer contacto con el cráneo no hacen falta electrodos complejos.

La electroencefalografía (EEG) y la magnetoencefalografía (MEG) miden respectivamente la actividad eléctrica y magnética que se produce en el cerebro. Los registros se llevan a cabo mediante electrodos colocados en el cráneo. Asimismo, el flujo sanguíneo es un indicador de la actividad cerebral y puede medirse con técnicas de neuroimágenes. La sangre fluye a regiones del cerebro en las que la actividad neuronal es máxima y que requieren un reabastecimiento de oxígeno y glucosa. La tomografía de emisión de positrones (TEP) y la resonancia magnética funcional (RMF) detectan cambios en el flujo sanguíneo. Los registros se realizan en escáneres cerebrales especiales. Actualmente también

existe un método para estudiar los efectos de una alteración temporal del cerebro: una técnica denominada estimulación magnética transcraneana (EMT) (Blackmore y Frith, 2008).

Cuando se activa una determinada configuración de neuronas, estas requieren que fluya hacia ellas una mayor cantidad de sangre para reabastecer su suministro de oxígeno y glucosa, de los que dependen para conseguir energía. Esta provisión regular de energía es crucial para la función normal del cerebro, que utiliza una quinta parte de toda la energía consumida por el cuerpo. “El estrecho acoplamiento entre la actividad neuronal y el metabolismo asociado del oxígeno y la glucosa, y por tanto el flujo sanguíneo, es el principio que subyace a dos de las técnicas de imágenes cerebrales más ampliamente utilizadas: TEP y RMF” (Blackmore y Frith, 2008, p. 278).

“La tomografía de emisión de positrones (TEP) mide el volumen y la ubicación del flujo sanguíneo en el cerebro. Por lo común, se lleva a cabo inyectando cantidades muy pequeñas de una sustancia química marcada radiactivamente (denominada ‘indicador’) en el torrente sanguíneo del individuo, el cual transporta el indicador por todo el cuerpo” (Blackmore y Frith, 2008, p. 279). De esta manera, es posible seguir al indicador a medida que fluye en la sangre por el cerebro y emite positrones. Se le rodea la cabeza de la persona con una cámara especial detectora de radiaciones y así se miden los lugares de su cerebro donde se localizan los positrones emitidos por el indicador, así como la sangre.

Por otro lado, “en un proceso denominado ‘tomografía computarizada’, ordenadores de gran potencia utilizan datos de TEP para generar una imagen tridimensional multicolor que muestra las regiones cerebrales en las que aumenta más el flujo sanguíneo. Aunque los estudios de TEP han proporcionado información enormemente importante, el método requiere cantidades diminutas de sustancias radiactivas. La TEP está siendo sustituida cada vez más por otras técnicas de neuroimágenes, especialmente la resonancia magnética funcional (RMF), que no incluyen inyecciones de sustancias radiactivas” (Blackmore y Frith, 2008, p. 280).

Las imágenes de resonancia magnética (IRM) utilizan un campo magnético de gran intensidad para producir imágenes tridimensionales de alta definición de estructuras cerebrales sin inyectar indicadores radiactivos. Un gran imán cilíndrico ubicado alrededor de la cabeza de la persona crea un campo magnético, a través del cual se envía un impulso magnético. Distintas estructuras cerebrales tienen propiedades magnéticas distintas, que aparecen diferenciadas en la IRM. No se aprecian igual las imágenes de la sustancia blanca, sustancia gris, los vasos sanguíneos, los fluidos y los huesos.

Las señales procedentes de las diferentes estructuras son registradas a través de los sensores colocados dentro del escáner y esta información le permite al computador configurar una imagen. Mediante la IRM, los neurocientíficos pueden representar con gran detalle anatómico las estructuras cerebrales tanto de la superficie como de niveles profundos. Parece una fotografía de rayos X, pero más compleja, con más detalles en colores, que permite apreciar y diferenciar las distintas áreas cerebrales.

En los últimos veinte años, se han desarrollado técnicas que permiten a los neurocientíficos usar IRM para representar imágenes del cerebro en funcionamiento. Esto se conoce como resonancia magnética funcional (RMF). Cuando las neuronas están muy activas y dinámicas, necesitan que a través de la sangre les llegue una adecuada provisión de oxígeno. Este oxígeno de la sangre es detectado por el escáner de RMF, debido a que el oxígeno tiene propiedades magnéticas. Igual que la TEP mide la cantidad de sangre que fluye a regiones concretas del cerebro, la RMF mide la cantidad de agua oxigenada que es enviada a regiones cerebrales específicas. Esta información se utiliza para hacer películas en las que se observa el cambio en la actividad de las neuronas a medida que los sujetos de investigación observan o escuchan determinados estímulos y realizan otras acciones, como, por ejemplo: responder preguntas o pulsar botones (Blackemore y Frith, 2008).

La estimulación magnética transcraneana (EMT) es una técnica en la que se utiliza una bobina magnética, colocada encima del cuero cabelludo, para estimular configuraciones de neuronas en una región cerebral limitada y provocar trastornos temporales de la función mediante impulsos muy débiles (Blackemore y Frith, 2008). Por medio de la EMT, se puede estimular y alterar de manera temporal una parte determinada del cerebro, para investigar su funcionamiento e indagar qué sucede con la conducta en ese instante. Esta técnica permite a los investigadores develar la región cerebral necesaria para desarrollar una determinada tarea. En el caso de que una persona pueda ejecutar una determinada tarea, a pesar de que algunas regiones cerebrales estén alteradas o bloqueadas, esto indica que esa región específica no es esencial para la ejecución de dicha tarea.

Como se aprecia, las neuroimágenes funcionales son una herramienta útil para investigar los patrones de activación cerebral vinculados a la función ejecutiva. Las técnicas de RMF permiten obtener imágenes del cerebro humano en funcionamiento en tiempo real. Es un método no invasivo y seguro para explorar la función cerebral. Por ejemplo, la tomografía axial computarizada y la imagen por resonancia magnética nos permiten contemplar la estructura interna del cerebro, detectar malformaciones, tumores o daños causados por una hemo-

rragia cerebral. Incluso pueden emplearse estas técnicas para estudiar las funciones y habilidades mentales.

En 1997, se llevó a cabo un estudio de RMF sobre el desarrollo neural de funciones ejecutivas durante la adolescencia. Los neurocientíficos utilizaron una versión de la denominada tarea “permitido/prohibido”, que implica inhibir una respuesta cuando se presenta determinado estímulo. En el estudio, se les mostraba a los sujetos de investigación una serie de letras y se les decía que pulsaran un botón cada vez que vieran una letra, excepto si veían la equis (X). En este caso, el estímulo “prohibido” era pulsar la letra X. Los participantes debían abstenerse de pulsar algún botón si veían la letra X. Esta tarea requiere una acción ejecutiva: la orden para inhibir una respuesta habitual.

Para llevar a cabo este estudio, se conformaron dos grupos: uno de varios niños entre 7 y 12 años de edad y otro de adultos jóvenes entre 21 y 24 años de edad. Los resultados revelaron que, tanto en los niños como en los adultos, durante la tarea que requería inhibir la respuesta normal estaban activadas varias regiones de la corteza frontal. Mientras que la localización de la activación era esencialmente la misma en ambos grupos de edad, había más activación en los niños que en los adultos. Esta mayor actividad en el cerebro de los niños se detectaba en la corteza prefrontal, la parte de la corteza frontal que se halla inmediatamente detrás de la frente. En cambio, los adultos mostraban más actividad en una región distinta, inferior, de la corteza prefrontal. La activación de la parte superior de la corteza prefrontal guardaba una correlación negativa con la precisión en la tarea: los participantes que exhibían una mejor ejecución tenían los niveles menores de activación prefrontal. Es decir, las personas que conseguían recordar que no debían responder a la letra X en la tarea permitido/prohibido. Se observó el patrón opuesto en una región inferior de la corteza prefrontal, en la cual la activación aumentaba con la mejora del rendimiento en la tarea.

El cerebro humano se puede estudiar de manera anatómica o de manera funcional (mente humana). De hecho, sus estructuras físicas se han descubierto investigando con cadáveres o durante operaciones quirúrgicas o con preparaciones histológicas, como lo hacía Santiago Ramón y Cajal. De ahí que las tecnologías de la imagen constituyen un gran avance en la investigación neurocientífica. Los equipos que permiten captar este tipo de información son cada vez más sofisticados y permiten obtener imágenes de mayor resolución, por lo que va aumentando la calidad de la información que refleja la actividad del cerebro en funcionamiento. Es evidente que los equipos que permiten la obtención de neuroimágenes funcionales constituyen un avance muy significativo en el estudio científico del cerebro humano, debido a la posibilidad de

obtener imágenes de las zonas que se activan en el cerebro cuando el sujeto analizado realiza ciertas actividades.

Un detalle importante a tener en cuenta en este tipo de investigación es que las zonas que se activan en el cerebro cuando el sujeto realiza determinadas acciones o cuando está sometido a ciertos efectos son las mismas que cuando lo recuerda, lo contempla o lo imagina. Esto permite dos cosas maravillosas: por un lado, permite hacer investigaciones con personas, en cuyo desempeño es muy difícil obtener las neuroimágenes, como, por ejemplo, una clase con seres humanos en acción; y, por otro lado, permite modificar y reconfigurar nuestro cerebro a través del recuerdo, la contemplación o la imaginación. Está comprobado que la oración y la meditación generan en nuestras configuraciones neuronales el mismo efecto que las acciones praxiológicas.

Mediante el empleo de RMF, se han generado mapas correspondientes a diversos tipos de actividad y funciones neuromentales, como, por ejemplo:

- Capacidad de discriminar, categorizar y recordar palabras, capacidad de recordar lugares, habilidad de reconocer caras.
- Función auditiva (tonos, música, sonidos naturales, percepción estereofónica, localización del sonido, diferenciación de fondo).
- Función lingüística: lenguaje expresivo (capacidad de hablar), lenguaje receptivo (comprensión).
- Función motora (mano, pie, boca, ojos, cara).
- Función sensorial (dolor, sensibilidad superficial, sensación térmica, sensibilidad profunda, reconocimiento de formas por el tacto, vibración, gusto, olfato).
- Función visual (luz destellante, formas, colores, movimiento, formas complejas).
- Funciones relacionadas con la memoria de trabajo (reciente, de corto plazo).
- Habilidad de hacer operaciones matemáticas.
- Habilidades para cambiar el foco de atención o inhibir una respuesta automática.

Como hemos podido observar, a través de múltiples experiencias del estudio de estimulaciones y de los cambios generados por las lesiones, se han ido descubriendo las zonas, áreas o configuraciones donde se generan las distintas facultades y habilidades mentales. La mayoría de neurocientíficos aceptan que el hemisferio izquierdo del cerebro es el lingüístico y matemático, que las áreas límbicas son afectivo-emocionales y que el lóbulo occipital es el responsable de generar la visión. También coinciden en que existe una estrecha relación entre el cerebro y los genes. Parece que el cerebro es una configuración biogenética.

Capítulo 2

El cerebro: configuración biogenética

Cerebro

Para desempeñarse en la sociedad, el ser humano debe prever el resultado de sus acciones teniendo en cuenta la información que recibe por los órganos de los sentidos. Para Llinás (2003), la capacidad de predicción es probablemente la función primordial del cerebro humano. La predicción “opera tanto a niveles conscientes como reflejos, y es la más generalizada de las funciones cerebrales en la mayoría, sino en todos los niveles de su operación” (Llinás, 2003, p. 27).

Llinás revolucionó el concepto que antes se tenía sobre el sistema nervioso, es decir, “la esencia de la naturaleza humana”. Los planteamientos de Llinás (2003) rompen por completo las antiguas creencias y marcan un nuevo paradigma sobre la manera de entendernos a nosotros mismos y nuestra interacción con lo que llamamos “realidad”.

El cerebro es “una maravillosa máquina biológica, intrínsecamente capaz de generar patrones globales oscilatorios que literalmente son nuestros pensamientos, percepciones, sueños, en fin, el sí mismo” (Llinás, 2003, p. 155).

El cerebro es una entidad muy diferente de las del resto del universo. Es una forma diferente de expresar todo. La actividad cerebral es una metáfora para todo lo demás. Somos básicamente máquinas de soñar que construyen modelos virtuales del mundo real (Llinás, 2003).

Thomas DeMarse, educador de la Universidad de Florida, ha creado un “cerebro vivo” que puede pilotar un simulador de vuelo. “Es un plato con 60 electrodos dispuestos en forma de rejilla en su fondo, sobre eso colocamos neuronas corticales vivas de ratas, que vuelven a conectarse rápidamente, formando una red neural viva - un cerebro”. Las células trabajando en equipo, logran estabilizar el “avión”, espontáneamente se asocian en red y, sin mediar instrucción alguna, “deciden estabilizar un vuelo virtual”.

Es un hito en la investigación, pues al parecer las neuronas actúan solas, sin instrucciones, lo que empieza a demostrar que el cerebro es vivo, dinámico y creativo por su propia naturaleza. El cerebro aprende por sí solo y en la interacción con el medio, su naturaleza es bioneuropsicosocial (genética y cultural).

Generalmente, cuando hablamos del cerebro nos referimos a este órgano en singular, aunque en realidad para comprender en toda su dimensión el funcionamiento del cerebro humano debemos analizarlo en sus tres sistemas que los neurólogos conciben como tres computadoras biológicas interconectadas entre sí, fusionadas en una sola estructura, es decir, configuradas.

El cerebro utiliza la gran cantidad de informaciones disímiles que tiene almacenadas y las relaciona en forma armónica, sistémica, coherente y creativa para crear nuevo conocimiento y nuevas redes y circuitos de comunicación neuronal que le permitan resolver sus propios problemas, es decir, nuestros problemas.

El sistema nervioso no es rígido, es plástico y flexible, es un sistema dinámico que se transforma y evoluciona a lo largo del tiempo. Los módulos, sistemas y áreas cerebrales actúan como una unidad sinérgica. No puede considerarse organizado en niveles autónomos entre sí, sino configurados armónicamente, de manera coherente, en forma de sistemas de configuraciones neuropsicológicas. En este sentido, el cerebro humano es una configuración de configuraciones, integradas por sistemas, y estos por circuitos y redes que se comunican entre sí y con otros circuitos y redes pertenecientes a otros sistemas configurados.

Medina (2010a) considera que ver cómo se desarrolla el cerebro de un bebé es como estar en la primera fila de un *big bang* biológico. Al principio, el cerebro no es más que una célula en el útero, silenciosa como un secreto, pero pocas semanas después, ya está bombeando células nerviosas a una velocidad asombrosa. “De 8.000 por segundo, y pocos meses después, está en camino de convertirse en la mejor máquina de pensamiento del planeta” (p. 17).

Estos misterios y maravillas del cerebro alimentan mi capacidad de asombro y amor, pero también generan muchas preguntas, en ocasiones ansiedad. “Constituye un 2 % del peso del cuerpo humano, pero consume un 20 % de energía, que se la proporcionan los 36 litros de sangre a la hora que recibe. Todo en él es abrumador. Está compuesto por cien mil millones de neuronas y por más de un billón de células gliales, que apenas sabemos cómo funcionan” (Marina, 2011, p. 11).

Es evidente que la evolución nos llevó a tener cerebros más grandes y una inteligencia más desarrollada. Esto nos permitió dejar de ser comida de otros ani-

males y convertirnos en dueños del universo en unos breves diez millones de años. Gracias al ahorro de energía por caminar en dos patas en vez de cuatro, desarrollamos el cerebro a niveles impensados. Pero el canal pélvico del *Homo sapiens* se estrechó debido al imperativo de alcanzar el equilibrio necesario para caminar erguidos.

Para las mujeres esto fue terrible, porque comenzó a tener partos muy dolorosos y mortales. Según los biólogos evolucionistas, esto generó una guerra entre la amplitud del canal de parto y el tamaño del cerebro. Si la cabeza del bebé era demasiado pequeña, este moriría, pero si era demasiado grande, la madre moriría. En efecto, sin una intervención médica inmediata, los bebés prematuros no duran ni diez minutos vivos. La solución que encontró mamá Naturaleza fue que la madre pariera antes de que el cerebro del bebé estuviese demasiado grande como para provocar la muerte de su mamá. Es por ello que los niños nacen antes de que su cerebro esté completamente desarrollado. De ahí los procesos educativos que deben desplegar las madres y los padres.

El niño necesita ser instruido y educado por los adultos durante aproximadamente 15 o 20 años, por cuanto nació antes de que su cerebro se desarrollara lo suficiente como para vivir de manera independiente. La existencia de la educación es consecuencia del estrechamiento del canal pélvico, debido al crecimiento y desarrollo de nuestro cerebro. La educación es el resultado de la evolución de nuestra especie. Si profundizamos en la obra de Darwin, encontraremos explicaciones y argumentaciones convincentes sobre la conducta parental y aunque esto no es suficiente para comprender el misterio de la crianza y de la educación, esto subraya la importancia de que sea compatible con el funcionamiento del cerebro. "Los humanos sobrevivimos porque una buena cantidad de nuestros antepasados se convirtieron en padres que guiaron hasta la adultez a sus venerabilísimos retoños. Pero, en realidad, no tenemos ni voz ni voto en el asunto. El cerebro de un bebe no está preparado para sobrevivir al mundo, punto" (Medina, 2010a, p. 28).

No hay dudas de que el cerebro infantil es muy vulnerable. 15 o 20 años constituyen una eternidad, comparado con otras especies, para que el cerebro del adolescente o joven esté en capacidad de sostenernos en un ambiente autónomo. Esta brecha muestra la inmadurez del desarrollo cerebral y la necesidad evolutiva de una crianza y una educación supremamente atenta. "Los adultos que establecían relaciones de protección y educación permanente con la siguiente generación tenían una clara ventaja frente a los que no podían o no lo hacían. Es más, algunos teóricos de la evolución creen que el lenguaje se desarrolló con tanta riqueza solo para que la instrucción entre el padre y el hijo pudiera darse con mayor profundidad y eficacia. Las relaciones entre adultos

también eran cruciales. Y siguen siéndolo, a pesar de nosotros mismos” (Medina, 2010a, p. 29).

No obstante lo anterior, existen algunos factores que los padres o educadores no podemos controlar y otros que sí. Tenemos un terreno fértil donde plantar la semilla y, si le damos atención y protegemos dicho suelo, podemos obtener frutos hermosos y saludables. En mi calidad de científico de la educación, estoy convencido de que podemos ejercer mucha más influencia en la conducta de nuestros hijos y seres humanos de lo que nos imaginamos. Es cierto que educar es una tarea muy grande que implica mucho esfuerzo, tesón y sacrificio, pero vale la pena intentarlo. Educar es una de las profesiones más nobles y hermosas que ha existido en la historia de la humanidad. Y, sin lugar a dudas, tiene unas raíces evolutivas muy profundas, por cuanto “ni toda la crianza del mundo junta puede cambiar el hecho de que el 50 % del potencial de su hijo es genético” (Medina, 2010a, p. 26).

Genes

El debate que existe con relación al papel de lo interno y lo externo en el aprendizaje humano es casi tan antiguo como la psicología. Este debate ha estado caracterizado por el análisis del carácter aprendido o innato de la conducta humana o si el desarrollo humano depende de lo genético o de lo social.

“Determinar el porcentaje de influencia de los genes o del entorno en el desarrollo cerebral es una tarea que no tiene una única respuesta. Por un lado, se encuentran los deterministas genéticos que defienden que el cerebro es capaz de aprender lo que tiene dispuesto por naturaleza y que poco puede hacer el ambiente o la educación por modificar. En el otro extremo, lo deterministas educacionales defienden que el ambiente y la interacción con el medio es lo más influyente en el desarrollo cerebral, de tal manera que un cerebro estimulado puede llegar más lejos que uno desarrollado en un ambiente deprimido, aunque este último tenga un mayor potencial de partida” (De Acevedo, 2014, p. 214). Evidentemente, no podemos plantear el estado de la cuestión de una manera así tan extrema, ya que existen combinaciones de ambos factores que influyen en el desarrollo cerebral. La mayor incidencia de uno u otro depende de cada persona e influye una multitud de variables, factores y condiciones. La Universidad de Harvard revela que solo el 1,5 % del genoma humano corresponde a genes. Esto es impresionante.

Mientras que los fieles conductistas ortodoxos sostienen que nuestro entorno es el factor determinante de todo comportamiento humano, los genetis-

tas conductistas investigan la influencia que tienen nuestros genes en este aspecto.

En la década anterior se había especulado que el cuerpo humano estaba conformado por aproximadamente 100.000 genes, de los cuales se suponía que entre “50.000 y 70.000 participan en el funcionamiento del cerebro” (Peyser y Underwood, 1998, p. 62), lo cual ilustra el papel tan importante que tiene el genoma humano en nuestra estructura neurofisiológica. Sin embargo, los cálculos más recientes proponen que el genoma humano está compuesto de un número mucho menor de lo que se había especulado anteriormente y que realmente es de unos 34.000 genes y no de 100.000, como se suponía en esos años. Por otro lado, “al momento de nacer, el cerebro de un niño tiene 100 mil millones de neuronas, casi tantas células nerviosas como el número de estrellas que hay en la Vía Láctea” (Nash, 1997, p. 50).

En este número de células con las que nacemos, “existen más de 50 trillones de conexiones (sinapsis)” (Begley, 1998, p. 30), lo que indica que, antes de ser influidos por nuestro entorno, ya existían más de 50 trillones de conexiones en nuestro cerebro, las cuales juegan un papel fundamental en el desarrollo emocional, psicológico, intelectual y conductual. De hecho, nuestros genes tienen una influencia tan importante en el comportamiento humano que “actualmente los científicos calculan que los genes determinan alrededor del 50 por ciento de la personalidad de un niño” (Peyser y Underwood, 1998, p. 62), es decir, “aunque la experiencia puede ser el arquitecto del comportamiento humano, parece que nuestros genes son su base” (Alper, 2008, p. 166). De ahí que podemos afirmar que aproximadamente el 50 % de nuestros genes crean y configuran la estructura neurofisiológica de nuestro cerebro. Somos mitad configuración genética, biológica y mitad configuración social, cultural.

Es innegable que el ser humano está conformado por una combinación de estas dos fuerzas interactivas: la experiencia y los genes, lo externo y lo interno, lo cultural y lo biológico, lo social y lo psicológico, pero cuanto más aprendemos sobre genética y neurofisiología, más descubrimos con exactitud en qué grado los genes influyen realmente en nuestras emociones, percepciones, cogniciones, aprendizajes y comportamientos.

“El sistema nervioso tiene todo bajo control mediante impulsos nerviosos; el sistema endocrino lo hace mediante mensajes hormonales. Hay hormonas muy famosas: la testosterona, la progesterona, la oxitocina, la vasopresina, la hormona del crecimiento, por ejemplo. Como era de esperar, estos dos grandes sistemas están conectados: las hormonas influyen en el cerebro y el cere-

bro regula la producción de hormonas. Las hormonas influyen en la conducta y la conducta influye en las hormonas” (Marina, 2011, p. 21).

Casi todas las configuraciones conductuales humanas están definidas por la biología, en especial, por los sistemas hormonales. No existe la absoluta plasticidad cultural que a veces se defiende. Steven Pinker cuenta y documenta un dramático caso. Un niño de ocho meses perdió el pene en una circuncisión mal hecha. El relato continúa así:

Sus padres consultaron al famoso investigador John Money, quien había dicho que la naturaleza es una estrategia política de quienes están obligados a mantener el *statu quo* de las diferencias de sexo. Les aconsejó que dejaran que los médicos castraran al pequeño y le implantaran una vagina artificial y los padres le educaron como a una niña sin contarle lo que había pasado.

En un artículo de *The New York Times* de la época, se decía que Brenda (a quien al nacer se le había puesto el nombre de Bruce) ha ido avanzando con satisfacción en su infancia como una auténtica niña. Los hechos se ocultaron hasta 1977, cuando se descubrió que, desde muy pequeña, Brenda se sentía como un niño atrapado en un cuerpo de niña y un rol de género. Rasgaba los vestidos, rechazaba las muñecas y prefería las armas, le gustaba jugar con chicos y hasta insistía en orinar de pie. A los 14 años, se sentía tan desgraciada que decidió vivir su vida como chico o prefería morir, por lo que su padre le contó la verdad. Se sometió de nuevo a una serie de operaciones, asumió una identidad masculina y hoy está felizmente casado con una mujer.

Neuronas

El cerebro está conformado por miles de millones de células, de ellas, aproximadamente cien mil millones son neuronas. Casi todas las neuronas del cerebro se generan antes de nacer, durante los tres primeros meses de la gestación. Este proceso se denomina neurogénesis y solo sobreviven aquellas que establecen conexiones con otras neuronas (sinapsis) e identifican los estímulos relevantes y significativos, que son alrededor de la mitad de las que nacen.

El ser humano nace con casi todas las neuronas que llegará a tener en su vida adulta, salvo las que se refieren al cerebelo y al hipocampo, cuyo número aumenta después del nacimiento (Blackemore y Frith, 2008). La reorganización de las neuronas y la formación de las conexiones son procesos muy intensos durante el primer año de vida del niño; posteriormente, se eliminan las cone-

xiones que no se utilizan, quedando solamente aquellas que son funcionales. Este proceso se estabiliza alrededor de los diez años (excepto en la corteza prefrontal, que prosigue hasta más allá de los 18 o 20 años). A este proceso de supresión de las neuronas se le llama poda.

¿Cómo hacen estas cosas las neuronas? Hemos dicho que, como todas las demás células del cuerpo, las neuronas funcionan como pequeñas baterías. “Hay una diferencia de voltaje (casi una décima parte de voltio) entre el interior y el exterior de la célula, siendo el interior más negativo. Cuando una neurona se activa, descarga un impulso, denominado potencial de acción. Entonces entran iones de sodio a toda prisa por poros de la membrana, invirtiendo brevemente el voltaje a través de la misma. Esto origina la liberación de sustancias químicas (neurotransmisores) desde el botón terminal de la neurona. Estas sustancias cruzan el espacio sináptico y son aceptadas por receptores de dendritas de otra neurona. Este es el ‘lenguaje’ del cerebro: los potenciales de acción producen la ‘actividad’ cerebral” (Blackemore y Frith, 2008, p. 34).

La durabilidad de la vida de las neuronas, y las conexiones entre estas, depende de la acción humana, de nuestras interacciones, sobre todo aquellas que están relacionadas con los alimentos que ingerimos, la interacción lingüística, el esfuerzo mental, el aprendizaje musical, el deporte y la resolución de problemas. En efecto, si aprendemos otros idiomas, comemos sanamente, escuchamos música clásica, espiritual o que nos haga pensar, hacemos ejercicio físico con regularidad, resolvemos rompecabezas, crucigramas y acertijos y enfrentamos retos, problemas o conflictos cognitivos, podemos lograr que nuestras neuronas vivan más de cien años.

Neuronas espejo

Unas semanas después de nacer, los bebés son capaces de imitar algunos de los gestos comunicativos de los adultos. Este potencial de los recién nacidos fue descubierto por el psicólogo Andrew Meltzoff, de la Universidad de Washington, Seattle, hace ya más de cuarenta años. En 1979, este notable psicólogo sacó la lengua a un bebé de cuarenta y dos minutos de edad y luego tomó asiento para ver lo que ocurría. Asombrosamente, el bebé hizo lo mismo, sacó su lengua.

Meltzoff volvió a sacar la lengua. El bebé respondió nuevamente del mismo modo, sacando su lengua. Meltzoff descubrió que los bebés podían imitar desde el principio de su vida. Este es un hallazgo extraordinario. Si interactúas

con algún bebé recién nacido, puedes llevar a cabo un experimento sorprendente. Míralo fijamente, atrae su interés, abre tu boca y sácale la lengua. Verás que el bebé te imita. Con apenas unos días de vida, los bebés pueden imitar expresiones faciales, como sacar la lengua o abrir la boca. "Hacia las diez semanas, empiezan a imitar las expresiones faciales mostrando emociones básicas, como felicidad (sonriendo) o enfado (frunciendo el ceño)" (Blackemore y Frith, 2008, p. 233).

Aprovechando este hallazgo, Meltzoff diseñó una serie de experimentos, revelando que los bebés están preconfigurados para aprender y son sensibles a las influencias externas que garantizan este objetivo. Este investigador construyó una caja de madera, cubierta por un tablero de plástico naranja, en la que insertó una luz. Si tocaba el tablero, la luz se encendía. Situó la caja entre una niña de un año y él mismo y, a continuación, realizó un ejercicio inusual: se inclinó hacia delante y tocó con su frente la parte superior de la caja, que inmediatamente iluminó su interior. A la niña no se le permitía tocar la caja. En cambio, le pidió que ella y su madre abandonaran la habitación. Una semana más tarde, la madre y la niña volvieron al laboratorio y Meltzoff colocó la caja entre la niña y él. En esta ocasión no hizo más que observar. La niña no lo dudó ni un instante: se inclinó y tocó la caja con su frente. Solo había observado una vez aquel suceso, pero lo recordaba una semana más tarde. Todos los bebés son capaces de recordar eventos una semana después de haber ocurrido.

Existen múltiples configuraciones cerebrales que subyacen la imitación. Algunos estudios de neuroimágenes han revelado que el hecho simple de observar a alguien moverse activa determinadas áreas cerebrales similares a las activadas cuando uno se mueve. Las regiones motoras del cerebro se activan debido a la simple observación de movimientos, aunque el observador no se esté moviendo.

Un estudio de neuroimágenes realizado por Jean Decety y sus colegas de Francia develó que la actividad en las regiones motoras cerebrales se incrementa si el observador ve las acciones de alguien con la intención de imitarlas luego. De esta manera, cuando dos personas interactúan una con otra, se activan simultáneamente las mismas configuraciones en ambos cerebros. Por ejemplo, cuando vemos a alguien que se está comiendo una pizza, nuestro cerebro no se limita a procesar la percepción visual de la mano más la pizza, sino que también reproduce la acción. Nuestro cerebro imita las acciones de otras personas aunque nosotros no lo hagamos. Esto es lo que sucede cuando alguien bosteza frente a ti, enseguida tú también bostezas, sin proponértelo. Esto es muy valioso porque simular en el cerebro acciones observadas quizá nos podría ayudar a realizar dichas acciones. Supongamos que intentamos aprender a na-

dar sin poder observar primero a alguien nadando. Generalmente, aprender observando a alguien es más fácil que aprender escuchando una explicación o descripción verbal, por muy precisa y detallada que sea. Esto es así debido a que, cuando observamos la acción, ya el cerebro está preparado para imitarla.

Giacomo Rizzolatti, de Parma, Italia, descubrió hace algunos años, que ciertas neuronas de la corteza premotora (área involucrada en el control del movimiento) del cerebro de un mono se activan cuando este ve a otro mono o a una persona tomar un objeto, aunque el propio mono no haga ningún movimiento. Estas células se denominan neuronas especulares o neuronas espejo porque reflejan en el cerebro la conducta observada como un espejo. Asimismo, Iacoboni (2008) ha realizado múltiples investigaciones sobre las neuronas espejo. En estos estudios, relaciona la empatía, la neuropolítica, el autismo y la imitación y hace aportes y argumentaciones sorprendentes sobre cómo entendemos a los otros.

Los seres humanos somos imitadores innatos gracias a las neuronas espejo que nos permiten hacer exactamente lo que vemos. De ahí que nuestros hijos se parezcan a nosotros en muchos gestos, palabras, movimientos, etc. Los niños autistas no tienen neuronas espejo y de ahí su dificultad para imitar lo que es socialmente correcto. Tampoco son buenos observadores. En cambio, los cerebros sanos son excelentes observadores. Por eso es importante que los padres observemos muy bien nuestras propias conductas porque al final nuestros hijos van a hacer lo mismo.

Las neuronas espejo están distribuidas por todo el cerebro y se activan de manera simultánea, con la complicidad de nuestra memoria y las configuraciones emocionales, cuando observamos las experiencias de otras personas o sencillamente cuando escuchamos a alguien hablar de determinada acción. Es decir, las mismas áreas que se activan cuando bailamos también se activan cuando vemos a alguien bailar o sencillamente cuando alguien dice: "estoy bailando".

Las neuronas espejo te permiten comprender una acción observada viviéndola directamente, aunque en realidad no la estés viviendo directamente. Constituyen la base neuronal de la empatía, que no es un fenómeno cursi, sino que tiene profundas raíces neurofisiológicas. Esto es verdaderamente asombroso. También están muy implicadas en la capacidad para interpretar los signos no verbales, en especial las expresiones faciales, y en la capacidad para comprender las intenciones de los demás.