

EL CEREBRO INFANTIL Y ADOLESCENTE

CLAVES Y SECRETOS
DE LA NEUROEDUCACIÓN



RAFA GUERRERO

Prólogo de Joaquín Fuster y
epílogo de Marian Rojas Estapé

LIBROS CÚPULA

EL CEREBRO
INFANTIL Y
ADOLESCENTE

CLAVES Y SECRETOS
DE LA NEUROEDUCACIÓN

RAFA GUERRERO

Prólogo de Joaquín Fuster y
epílogo de Marian Rojas Estapé

LIBROS CÚPULA

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes del Código Penal). Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puede contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.

© del texto: Rafa Guerrero, 2021

© de las ilustraciones de interior: © ilustraciones de interior: Granger NYC, Science Source, Album, Simona Traur, Ilusmedical, Alena Hovorkova, Shutterstock; págs. 68, 196, 217 y 293: ilustraciones de Sergio Cordero; págs. 160, 166, 182, 192 y 209: ilustraciones de Miryam Serrano; pág. 187 y 227: ilustración cedida por Joaquín Fuster; págs. 283: ilustración de Alberto Plaza Cámara; págs. 42, 49, 60, 77, 125, 149, 179, 200, 238, 254, 255, 256, 262, 298, 301, 303, 307, 318: ilustraciones de Elisa Munso

Diseño de la cubierta: Departamento de Arte y Diseño

Área Editorial Grupo Planeta

© de la fotografía de cubierta: Melica / Shutterstock

Nos hemos esforzado por confirmar y contactar con la fuente y/o el poseedor del copyright de cada foto y la editorial pide disculpas si se ha producido algún error no premeditado u omisión, en cuyo caso se corregiría en futuras ediciones de este libro.

Primera edición: septiembre de 2021

© Editorial Planeta, S. A., 2021

Av. Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona (España)

Libros Cúpula es marca registrada por Editorial Planeta, S. A.

Este libro se comercializa bajo el sello Libros Cúpula

www.planetadelibros.com

ISBN: 978-84-480-2864-0

Depósito legal: B. 8.727-2021

Impresor: Liberdúplex

Impreso en España – Printed in Spain

El papel utilizado para la impresión de este libro está calificado como papel ecológico y procede de bosques gestionados de manera sostenible.

Índice

Prólogo , por Joaquín Fuster	16
PRIMERA PARTE:	
Conceptos básicos del sistema nervioso	23
Capítulo 1. Historia, números y mitos del cerebro	24
La frenología de Gall	
Las investigaciones de Broca y Wernicke sobre el lenguaje	
El debate entre Golgi y Cajal	
El cerebro en números	
Desmontando mitos sobre el cerebro	
IDEAS CLAVE	32
Capítulo 2. Conociendo el sistema nervioso	34
Abriendo el prisma del cerebro	
Sistema nervioso central	
Encéfalo: cerebro, cerebelo y tronco encefálico	
Médula espinal	
Sistema nervioso periférico	
Sistema nervioso somático	
Sistema nervioso autónomo	
IDEAS CLAVE	44

Capítulo 3. Lóbulos cerebrales	46
Buceando en el neocórtex	
Lóbulos: las regiones del neocórtex	
Lóbulos occipitales	
Lóbulos parietales	
Lóbulos temporales	
Lóbulos frontales	
IDEAS CLAVE	54
Capítulo 4. Hemisferios cerebrales y cuerpo calloso	56
A ambos lados del neocórtex	
Hemisferio izquierdo	
Hemisferio derecho	
Asimetría hemisférica	
Funciones contralaterales	
Cuerpo calloso: el puente entre los dos hemisferios	
IDEAS CLAVE	62
SEGUNDA PARTE:	
Lo esencial es invisible a los ojos:	
neuronas, sinapsis y neurotransmisores	65
Capítulo 5. La neurona	66
¿Qué es la neurona?	
Partes de la neurona	

Cuerpo celular	
Axón	
Dendritas	
Botones sinápticos	
Las neuronas espejo	
Las investigaciones de Rizzolatti	
IDEAS CLAVE	73
Capítulo 6. Las sinapsis	75
El impulso nervioso	
Comunicación entre neuronas	
¿Qué son las sinapsis?	
Neuronas implicadas en las sinapsis	
Tipos de sinapsis	
Sinaptogénesis	
Poda sináptica	
La metáfora del jardinero	
IDEAS CLAVE	83
Capítulo 7. Los neurotransmisores	85
Química en el cerebro	
Clases de neurotransmisores	
Glutamato	
Dopamina	
Acetilcolina	
Serotonina	
Endorfinas	
Noradrenalina	
GABA	
IDEAS CLAVE	91

TERCERA PARTE:

Genética y ambiente 95

Capítulo 8. Influencia del ambiente sobre los genes 96

El rectángulo de Hebb

Metáfora de la casa

Los estudios con gatitos

Entornos enriquecidos

Epigenética

IDEAS CLAVE 102

Capítulo 9. Los niños salvajes 104

Retando a la naturaleza

Genie, la niña salvaje

John Ssabunnya

IDEAS CLAVE 107

Capítulo 10. Plasticidad cerebral 109

El cerebro es flexible y maleable

Cincelando los cerebros

El hipocampo de los taxistas londinenses

La corteza auditiva de los músicos

Cuando sobreviene la sordera

Aprendiendo a leer en braille

¿Hacer malabares modifica nuestro cerebro?

IDEAS CLAVE 115

CUARTA PARTE:

El desarrollo del cerebro a lo largo del ciclo vital 117

Capítulo 11. El cerebro en pañales 118

La maquinaria en funcionamiento

El desarrollo embrionario

El cerebro en los primeros años de vida

IDEAS CLAVE 125

Capítulo 12. El cerebro adolescente	128
El adolescente: ese gran incomprendido	
Viaje al cerebro adolescente	
Características de la etapa adolescente	
Los adolescentes y su apertura a lo novedoso	
¿Y después de la adolescencia, qué?	
IDEAS CLAVE	139
Capítulo 13. El cerebro adulto y longevo	141
Una vez alcanzada la madurez	
El cerebro en la tercera edad	
IDEAS CLAVE	145
Capítulo 14. El cerebro de la mujer y del hombre	147
Cerebros complementarios	
Diferencias evolutivas entre niños y niñas	
Conectividad cerebral	
El cerebro femenino	
El cerebro masculino	
IDEAS CLAVE	152
QUINTA PARTE:	
Modelo pedagógico de los cuatro cerebros	155
Capítulo 15. Cerebro rojo: instintos de supervivencia	156
Localización anatómica	
Funciones básicas	
Características del cerebro rojo	
Estudio del simulador de coche	
IDEAS CLAVE	162

Capítulo 16. Cerebro verde: emociones	163
Localización anatómica	
Funciones básicas	
Amígdalas cerebrales	
Tálamo	
Hipotálamo	
Hipocampo	
Núcleo accumbens	
Septum	
Negligencia parental y sistema límbico	
IDEAS CLAVE	176
Capítulo 17. Cerebro azul: pensamientos	178
Localización anatómica	
Funciones básicas	
1- <i>Percepción</i>	
2- <i>Memoria</i>	
3- <i>Pensamiento</i>	
IDEAS CLAVE	184
Capítulo 18. Cerebro amarillo: funciones ejecutivas	186
Localización anatómica	
Funciones básicas	
Características del cerebro amarillo	
Las tres partes de la corteza prefrontal	
IDEAS CLAVE	197
Capítulo 19. La metáfora del director de orquesta	199
John Williams: el director de orquesta	
Las funciones ejecutivas en la vida cotidiana	
En enigmático caso de Phineas Gage	
IDEAS CLAVE	205

Capítulo 20. La «wifi» que conecta los cuatro cerebros 207

El modelo pedagógico de los cuatro cerebros

Elaborando pegamento cerebral

Integración vertical y horizontal

En busca del equilibrio flexible

Los habitantes del edificio cerebral

El cerebro en tu mano

IDEAS CLAVE

218

SEXTA PARTE:

Cerebro y procesos psicológicos

221

Capítulo 21. Concentración

222

Atención y concentración, ¿son sinónimos?

¿Qué es la concentración?

Tipos de concentración

Trastorno por déficit de atención con hiperactividad

Cinco orientaciones para desarrollar la concentración

IDEAS CLAVE

232

Capítulo 22. Inhibición de impulsos

234

Las dos caras de la misma moneda

¿En qué consiste inhibir los impulsos?

El test de la golosina

La fábula de la cigarra límbica y la hormiga ejecutiva

Resultados del test de la golosina

Cinco orientaciones para desarrollar la inhibición de impulsos

IDEAS CLAVE

246

Capítulo 23. Aprendizaje

248

Aprendizaje y supervivencia

¿Qué es el aprendizaje?

Curiosidad: llave de cualquier aprendizaje	
Requisitos del aprendizaje	
Aprendizaje asociativo	
Miedos condicionados	
Cinco orientaciones para desarrollar el aprendizaje	
IDEAS CLAVE	259
Capítulo 24. Memoria	261
¿Qué es la memoria?	
Clasificación de los tipos de memoria	
Memoria a corto plazo	
Memoria operativa	
Memoria a largo plazo	
Memoria implícita	
Memoria explícita	
Relación entre memoria y emoción	
Cinco orientaciones para desarrollar la memoria	
IDEAS CLAVE	272
Capítulo 25. Emociones	274
¿Qué son las emociones?	
Esencia emocional	
Emociones innatas y aprendidas	
Neurobiología de las emociones	
El estudio clásico de Ekman en Papúa Nueva Guinea	
La cuestión de las emociones innatas de Matsumoto	
Cinco orientaciones para desarrollar la regulación emocional	
IDEAS CLAVE	284
Capítulo 26. Empatía y teoría de la mente	286
Empatía: conectando con la wifi de los demás	
Neuronas espejo y capacidad empática	
La empatía en el reino animal	

Teoría de la mente	
¿Quieres saber si tu hijo tiene teoría de la mente?	
Desarrollo de la empatía y la teoría de la mente en niños	
La teoría de la mente en los niños con TEA	
Cinco orientaciones para desarrollar la empatía	
IDEAS CLAVE	296
Capítulo 27. Percepción	298
Donde esté una cara bonita	
El desarrollo visual de los bebés	
Estructuras cerebrales implicadas en la visión	
La percepción en el cerebro hendido	
Sistema Activador Reticular Ascendente (S.A.R.A.)	
Cinco ilusiones ópticas con las que pasar un buen rato	
IDEAS CLAVE	307
Capítulo 28. Cerebro lingüístico y matemático	309
Desarrollo evolutivo del lenguaje	
Aprendiendo a leer y escribir	
Expresión y comprensión del lenguaje en el cerebro	
El cerebro matemático	
Cinco orientaciones para desarrollar el lenguaje y el cálculo matemático	
IDEAS CLAVE	320
Capítulo 29. Resiliencia	322
Adaptarse o morir	
Situaciones traumáticas y resiliencia	
La influencia del apego	
10 orientaciones para desarrollar la resiliencia	
IDEAS CLAVE	329

SÉPTIMA PARTE:	
Salud y equilibrio cerebral	333
Capítulo 30. Diez consejos para gozar de un cerebro sano	334
Alimentación sana y equilibrada	
Ejercicio físico	
Descansar lo suficiente	
Tiempo de juego	
Inquietudes que motivan	
Mantener el estrés a raya	
Limitar el uso de dispositivos tecnológicos	
Gimnasia mental	
Inactividad	
Emociónate	
Cinco orientaciones para desarrollar un cerebro sano	
IDEAS CLAVE	345
Epílogo, por Marian Rojas Estapé	347
Glosario	353
Bibliografía	362
Agradecimientos	365

PRIMERA PARTE:

**Conceptos
básicos del
sistema
nervioso**



CAPÍTULO 1

Un poco de historia, números y mitos del cerebro

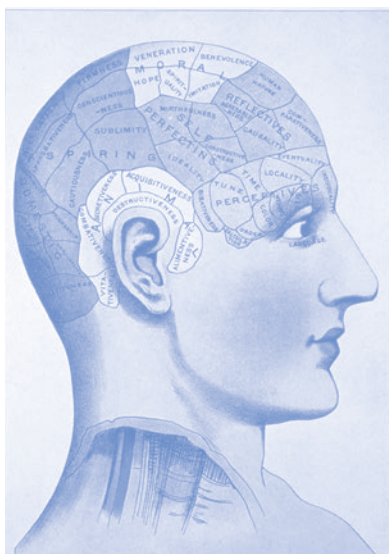
La frenología de Gall

La película del cerebro comenzó aproximadamente hace unos quinientos millones de años. Al ser humano siempre le ha suscitado interés saber qué había dentro del cráneo y cómo funcionaba el cerebro. No fue hasta finales del siglo XIX cuando se utilizaron las primeras técnicas de tinción, hasta que a mediados del siglo XX aparecen unos métodos que permiten conocer el cerebro, aunque de manera muy básica, como es el caso del microscopio electrónico. Posteriormente, las técnicas de neuroimagen nos permitieron conocer desde dentro el funcionamiento cerebral y el sistema nervioso de una manera más real y en vivo.

Franz Joseph Gall, padre de la frenología, corriente que se fundó a finales del siglo XVIII, afirmaba que cada zona del cráneo tenía una función específica. Gall proponía que se podía conocer la personalidad y las tendencias de las personas si se analizaba la forma del cráneo y sus dimensiones.

¡Recuerda!

La frenología de Gall postulaba que se podía conocer la personalidad y el carácter de cada individuo analizando la forma y la estructura del cráneo. Además, cada zona del cráneo tenía asignada una función psicológica concreta.



Frenología de Gall.

Hoy en día, los supuestos de la frenología están completamente desterrados. Los estudios científicos actuales han llegado a la conclusión de que es el cerebro el que tiene funciones concretas en determinadas áreas. También sabemos que el cerebro funciona de manera holística, global y como un todo. No existen centros únicos e independientes para funciones como la visión, la concentración o el razonamiento, sino que existen sistemas compuestos por diferentes unidades cerebrales que están interconec-

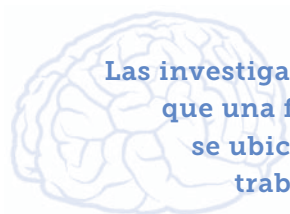
tadas entre ellos. Por ejemplo, sería un error creer que existe un único lugar en el cerebro de nuestro hijo que codifica la emoción, ya que hay varias zonas que actúan de manera coordinada para que aparezca la emoción en el niño.

¿Sabías que... los científicos han encontrado más de 150 áreas cerebrales diferentes y cada una de ellas con funciones específicas como la percepción visual, el miedo, la motricidad o el aprendizaje?

Las investigaciones de Broca y Wernicke sobre el lenguaje

En la segunda mitad del siglo XIX, el médico francés Paul Broca y, posteriormente, el psiquiatra alemán Carl Wernicke, mostraron sus investigaciones en donde se asociaban fun-

ciones cognitivas y mentales a determinados lugares del cerebro. Broca llegó a la conclusión de que el centro cerebral de la producción del lenguaje se encontraba en el lóbulo frontal, una zona que posteriormente se denominaría **área de Broca** en su honor. Por su parte, su colega alemán Wernicke, demostró que la comprensión del lenguaje se hallaba en el lóbulo temporal, en concreto en lo que unos años después se conocería como **área de Wernicke**, gracias a la cual somos capaces de comprender tanto el lenguaje oral como el escrito. De esta manera vemos como una única función psíquica o cognitiva, como es el lenguaje, se localiza en diferentes áreas cerebrales (lóbulo frontal y temporal).



¡Recuerda!

Las investigaciones de Broca y Wernicke confirmaron que una función específica, como el lenguaje, se ubica en diferentes zonas del cerebro y trabajan de manera interconectada.

En la década de los treinta y los cuarenta del siglo xx el neurocirujano Wilder Penfield señaló que determinadas áreas cerebrales tenían asignadas funciones sensoriales y motrices. Así, por ejemplo, cuando Penfield aplicaba suaves descargas en la corteza motora del cerebro de un paciente con epilepsia, este movía diferentes partes del cuerpo, por lo que estableció una correlación entre determinadas áreas cerebrales y funciones psíquicas. Más recientemente, en los años setenta y ochenta, los experimentos de Hubel y Wiesel con gatitos, que veremos desarrollados más adelante en el libro, apoyaron la idea de que el cerebro cuenta con zonas concretas asociadas a funciones específicas pero que trabajan de manera interconectada.

El debate entre Golgi y Cajal

Camillo Golgi, médico italiano, desarrolló en 1873 un método de tinción con cromato de plata que permitió por primera vez

observar con microscopio a las neuronas. Según Golgi, las neuronas estaban en contacto físico unas con otras. Pocos años después, el prestigioso médico e histólogo español Santiago Ramón y Cajal describió, a raíz de sus investigaciones, la gran capacidad de conectividad de las células del sistema nervioso. Ramón y Cajal señaló que no existe ningún tipo de contacto físico entre las neuronas en el cerebro, algo que chocaba frontalmente con lo que años atrás había argumentado Golgi. El debate científico estaba servido.

¿Sabías que... en 1906 Golgi y Cajal recibieron el premio Nobel de Medicina en reconocimiento a su labor e investigación sobre la conexión entre las neuronas?

Golgi sostenía en su **teoría reticular** que el tejido nervioso era una especie de matriz diáfana sin separaciones entre las neuronas que lo conforman, mientras que Cajal describía en su **teoría neuronal** (1882) que existían células nerviosas muy próximas entre ellas, pero que en ningún momento se llegaban a tocar. El microscopio óptico era la manera más efectiva que tenían en aquella época para investigar el sistema nervioso, pero es cierto que no tenía la suficiente resolución como para disipar el debate científico entre Golgi y Cajal en cuanto a si las neuronas se llegaban a tocar físicamente o estaban separadas. No fue hasta la década de 1950 cuando, gracias al microscopio electrónico, se confirmó que las neuronas en ningún momento llegaban a establecer contacto físico entre ellas, por lo que Cajal estaba en lo cierto. Por ser justos con Camillo Golgi, algunas neuronas del sistema nervioso están en contacto directo con otras neuronas y no son necesarios los neurotransmisores, aunque son muy escasas en el cerebro. La ciencia moderna ha atribuido la teoría

reticular del substrato neuronal de la cognición tanto a Cajal como a Golgi.

¿Sabías que... el neurofisiólogo británico Charles Sherrington denominó «sinapsis» al espacio que hay entre neuronas en el sistema nervioso?

El cerebro en números

Ramón y Cajal afirmaba que «el cerebro es un mundo que consta de numerosos continentes inexplorados y grandes extensiones de territorio desconocido». Por eso, en este apartado, me gustaría hablar de algunas cifras, quizá sorprendentes, para ahondar en el conocimiento de nuestro cerebro.

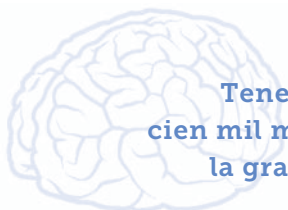


El cerebro de un neonato pesa en torno a 350 g, o lo que es lo mismo, una cuarta parte de lo que llegará a pesar cuando sea adulto (1.200-1.400 g). Esto nos revela que el desarrollo cerebral a lo largo de la infancia y la adolescencia es extraordinario, como veremos a lo largo del libro. Lo cierto es que el cerebro alcanza el 90 por ciento de su tamaño y peso total cuando tenemos unos seis años de edad.

El cerebro de un adulto supone solamente el 2 por ciento del peso total del cuerpo. Cuando hablamos de peso no solo nos referimos a la superficie del cerebro, sino sobre todo a la conectividad entre neuronas que aumentan de manera significativa su peso. Tenemos en nuestro cerebro aproximadamente cien mil millones de neuronas, de las cuales la mitad de ellas se ubican en la neocorteza (o neocórtex).

¿Sabías que... el cerebro de un chimpancé adulto pesa unos 350 gramos, es decir, lo mismo que pesa el cerebro de un ser humano recién nacido?

Muchas personas se preguntan por la textura y aspecto del cerebro. Es de color gris y al tacto es más bien gelatinoso, motivo por el cual el cráneo y las meninges realizan una labor fundamental de contención. Como dice la divulgadora científica Rita Carter: «El cerebro humano tiene el tamaño de un coco, la forma de una nuez, el color del hígado sin cocer y la consistencia de la mantequilla fría». Lo cierto es que el cerebro está compuesto principalmente de agua; en torno a un 80 por ciento de su contenido es este líquido. Sorprendente, ¿verdad? Sabemos que muchos órganos corporales consumen una gran cantidad de sangre y energía, pero el cerebro es, con diferencia, el que mayor oxígeno consume, cerca de un 20 por ciento del total del cuerpo.



¡Recuerda!

Tenemos en nuestro cerebro unos cien mil millones de neuronas, lo que refleja la gran complejidad de este órgano.

A nivel de conectividad cerebral sabemos que las neuronas se comunican entre ellas formando 1.000 millones de

conexiones (sinapsis) por cada milímetro cúbico de corteza cerebral, lo que nos puede dar una idea de la gran conectividad que existe en nuestro sistema nervioso. A lo largo de la evolución el cerebro se ha ido replegando y arrugando más, de ahí que su aspecto se parezca a una nuez. Bajo el cráneo nos esperan unos 1.500 cm³ de gran complejidad.

¿Sabías que... los reptiles tienen una superficie cerebral lisa, motivo por el cual su cerebro se denomina «lisencéfalo»? A diferencia de ellos, los seres humanos tenemos un cerebro formado por múltiples pliegues y surcos.

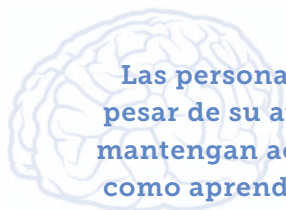
Desmontando mitos sobre el cerebro

Para acabar el capítulo me gustaría repasar algunos de los neuromitos más extendidos y las razones por las que no son ciertos. Como todas las ciencias, existen alrededor de ellas una serie de ideas erróneas que les hacen un flaco favor. A continuación, veremos los mitos más extendidos en relación al cerebro:

- **Solamente usamos un 10 por ciento de nuestra capacidad cerebral:** este es uno de los mitos más conocidos en relación al cerebro. Actividades tan sencillas y automáticas como tamborilear con el dedo en una mesa, activa aproximadamente la mitad del encéfalo, lo que derriba de raíz este mito.
- **El desarrollo cerebral se detiene al llegar a la adolescencia:** es cierto que durante la infancia y la adolescencia el cerebro crece de manera significativa y se van configurando las principales carreteras cerebrales, pero el cerebro no se detiene en la etapa adolescente, ya que

está en continuo cambio. En la etapa adulta el cerebro se sigue desarrollando hasta que llega a un punto en donde comienza la involución y empezamos a perder capacidades sensitivas, motrices y ejecutivas.

- **Las personas mayores no pueden aprender:** afortunadamente, la capacidad de aprendizaje está presente a lo largo de todo el ciclo vital. Sí que es cierto que a edades avanzadas aprendemos más lentamente y con mayor esfuerzo, pero no perdemos esta capacidad nunca. La facilidad que tienen los niños y los jóvenes para aprender no la tienen las personas mayores, pero esto no les impide adquirir nuevos conocimientos. El cerebro de las personas mayores puede crear nuevas conexiones neuronales.



¡Recuerda!

Las personas mayores pueden seguir aprendiendo a pesar de su avanzada edad. Es más, se recomienda que mantengan activos sus cerebros realizando actividades como aprender un nuevo idioma o hacer crucigramas.

- **Nacemos con todas las neuronas que llegaremos a tener a lo largo de la vida:** no es cierto, porque a lo largo del ciclo vital perderemos muchas neuronas por diferentes motivos. Los recientes estudios neurocientíficos apuntan que el proceso de neurogénesis, es decir, el nacimiento de nuevas neuronas a partir de las células madre, se da a lo largo de toda la vida.
- **Perder neuronas es siempre negativo para la persona:** tenemos asociada la idea de que la pérdida de neuronas es algo negativo, y no siempre es así. Por ejemplo, en la poda neuronal, se eliminan aquellas neuronas insertibles y que no han establecido conexiones con otros grupos neuronales; luego no siempre es negativo perder neuronas.