

La aventura de tu cerebro

El neurodesarrollo: de la célula al adulto

María José Mas Salguero

Prólogo de Pilar García de la Granja

Epílogo de Ángeles García Cazorla



Colección El Café Cajal

NEXT—
DOOR...
PUBLISHERS

Mi identidad descrita en renglones que empapa
el mundo.

La aventura de tu cerebro

La aventura de tu cerebro

El neurodesarrollo: de la célula al adulto

María José Mas Salguero

N E X T —
D O O R . . .
P U B L I S H E R S

© De la Autora:
María José Mas Salguero

© Next Door Publishers
Primera edición: junio 2018

ISBN: 978-84-947810-6-3

Reservados todos los derechos. 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 mecánico, electrónico, por fotocopia, por registro u otros medios, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del *copyright*.

Next Door Publishers S.L.
c/ Emilio Arrieta, 5, entlo. dcha., 31002 Pamplona
Tel: 948 206 200
E-mail: info@nextdooreditores.com
www.nextdoorpublishers.com

Impreso por Gráficas Rey
Impreso en España

Diseño de colección: Ex. Estudi
Autora del sciku: Laura Morrón
Dirección de la colección: Laura Morrón
Corrección y composición: NEMO Edición y Comunicación

Colección
El Café Cajal



*A mis padres, Manuel y Rosa, artífices de mi neurodesarrollo y a mi
hermana, Elena, testigo y parte. Con amor y gratitud.*

Índice

Prólogo

Sobre el libro que vas a leer

Capítulo 1

El sistema nervioso

Capítulo 2

¿Somos fruto del azar?

Capítulo 3

Herencia y ambiente

Capítulo 4

Características del neurodesarrollo

Capítulo 5

Maternidad y paternidad

Capítulo 6

El cerebro parental

Capítulo 7

Lo que hay antes del cerebro

Capítulo 8

Creando estructuras

Capítulo 9

La llegada al mundo

Capítulo 10

Hacia el primer paso

Capítulo 11

Construir la mente a través de los sentidos

Capítulo 12

La hacedora de ideas

Capítulo 13

De la percepción a la palabra

Capítulo 14

El cerebro en sus circunstancias

Capítulo 15

Dominar el lenguaje para comprender el entorno

Capítulo 16

Lenguaje, el transformador del pensamiento

Capítulo 17

El lenguaje de la escuela

Capítulo 18

La inteligencia

Capítulo 19

Tuneando la identidad

Capítulo 20

Comer y dormir

Fin de viaje

Epílogo

Bibliografía

Prólogo

«Llevo en este mundo mucho tiempo, el suficiente para descubrir que si se tiene una lesión en ambos lados del hipocampo se tiene memoria corta, y que se puede convertir en memoria a largo plazo a través del aprendizaje».

Eric Kandel, neuropsiquiatra, premio Nobel

El cerebro es el todo del ser humano.

La memoria y la capacidad de aprendizaje. La neurociencia. La cura de las enfermedades neurológicas. La esperanza para la humanidad, porque sin entender cómo funciona el cerebro, todo lo demás es accesorio.

Es un órgano que piensa, crea, siente, almacena, aprende, ve, toca y huele. Los cinco sentidos son el cerebro. Y el cerebro es el motor del cuerpo. Por ello, el gran reto de los héroes del siglo xxi, los científicos, es unir la neurociencia con la genética, «ese maravilloso árbol de la vida que nos hace a todos diferentes gracias a la causalidad genética», como diría el profesor Angel Carracedo.

«Pilar, en esto del cerebro estamos como en Atapuerca, pero en cualquier momento vamos a descubrir algo, por casualidad, que nos hará entender el funcionamiento del cerebro y seremos capaces de curar las enfermedades neurológicas», vaticinaba en cierta ocasión el científico español Rafael Yuste, genio y amigo en estado puro, además de discípulo y compañero de Kandel en Columbia University (Nueva York). Los descubrimientos de Yuste indican que, si el ser humano logra conocer el funcionamiento de cada

neurona mientras está activa, será capaz de descifrar el mapa del cerebro.

Sus investigaciones, junto con las de Carracedo, están revolucionando nuestra forma de entendernos y de entender a la humanidad. Kandel dio el pistoletazo de salida, al descubrir que las neuronas aprenden y reaprenden, ya que tienen memoria, y que pueden «reprogramarse» gracias a la neuroplasticidad.

Esto nos da a entender que el futuro será una combinación maravillosa entre la genética y la neurociencia. «Y muchos más, porque en esto del cerebro tenemos que trabajar juntos para conseguir el éxito».

Tres años tardé en conocer al profesor Yuste en Nueva York desde que mi hijo Pepe cayó enfermo. El síndrome de Landau-Kleffner (LKS, por sus siglas en inglés) es una de esas enfermedades de origen genético, incurables, que afectan al lenguaje y a la memoria. Las consecuencias del LKS son demoledoras, puesto que modifican conductas, la capacidad de aprendizaje, la comunicación, el almacenamiento de información, el borrado de conocimiento adquirido... El LKS fue descubierto en 1957 por Landau, que aún vive, y Kleffner. Se trata de una enfermedad transversal, que implica genética, neurociencia, aprendizaje y memoria.

Pero también implica esperanza. Wolfram Hinzen, creador de ICREA, afirmaría que es «muy interesante porque afecta a todo aquello que nos hace ser lo que somos».

Los científicos investigan, los médicos tranquilizan y los educadores enseñan. Esto lo aprendí desde muy temprano. Por ello es importante que conecten, que hablen, que se entiendan. Porque mientras unos te tranquilizan con tratamientos más o menos efectivos para paliar las secuelas de la enfermedad, los otros tienen que descubrir la causa y la cura. Y, mientras tanto, hay que desarrollar herramientas educativas basadas en pruebas neurocientíficas que permitan a nuestros hijos aprender, comprender y ser autónomos en una sociedad realmente inclusiva.

Llegados a este punto, aparece la doctora María José Mas en mi vida. Una vida que, desde hace cinco años y dos meses, he dedicado a buscar todo aquello que puede iluminar el conocimiento sobre el cerebro y su funcionamiento e incrementar la capacidad de aprendizaje de los niños y sus habilidades de inclusión, a la espera de que científicos extraordinarios como Yuste, Hinzen, Ortiz, Carracedo, Goldstein y tantos otros descubran el qué, el porqué, el cuándo y el cómo curarlos.

La doctora Mas se presenta en las redes sociales como divulgadora de la neurociencia. Es decir, como la traductora natural de lo que los científicos descubren, el eslabón entre los padres desesperados y el futuro esperanzador. Ni pone, ni quita, simplemente explica. Y me enamoro de su forma de explicar, directa y compasiva. Sin inventar, que es uno de los defectos del que, sin saber nada, cree que un título le permite decir de todo.

Ella es directa y sencilla, «sastre del cerebro de los niños», como le gusta autodefinirse, «midiendo el contorno craneal, comparándolo, buscando medicamentos que palién las consecuencias de las enfermedades neurológicas». Y yo añado que todo eso lo hace mientras llega el descubrimiento mágico.

Porque justo de eso trata este libro que estoy prologando. Un libro que no pretende descubrir la pólvora, sino ofrecer las herramientas para saber a qué nos enfrentamos y la metodología para hacerlo de forma efectiva. Con una descripción metódica de los genes, el ADN, sus funciones y el neurodesarrollo, María José nos explica el antes y el después. A fin de cuentas, es lo único que sabemos de momento. Todavía nos queda por descubrir el dónde, el cuándo y el cómo.

Es un libro de fácil lectura para los padres de los miles de niños afectados de «enfermedades raras neurológicas», provocadas por la causalidad genética y que algún día serán reversibles. «En quince años, Pilar, vamos a vivir una verdadera revolución genética y seremos capaces de descifrar el origen genético de unas dos mil enfermedades raras», me comentaba con su voz tranquila y pausada el doctor Carracedo.

Pero, mientras llega la cura, tenemos la obligación de neuroeducarnos. Y, sin duda alguna, la mejor forma de empezar es con libros como este.

Gracias, María José, por tu tiempo, interés e inquietud, por negarte siempre a dar nada por bueno o por sabido. Gracias por no perder la esperanza de que todo lo que es imposible sí es posible.

Pilar García de la Granja

Sobre el libro que vas a leer

Un bebé que sonrío al ver a su madre, o que se mira las manos y balbucea. Una niña que da sus primeros pasos tendiendo los brazos hacia su padre. Un niño que dice por primera vez «mamá». Otro que encaja piezas de un rompecabezas y busca una mirada aprobatoria. La expresión de satisfacción y sorpresa del párvulo al darse cuenta de que las letras *c-a-s-a* juntas representan la idea de ‘casa’. La mirada inteligente del escolar que pregunta con curiosidad sincera. La crítica necesaria del adolescente que empieza a cuestionárselo todo.

Son pequeños instantes del camino que nos ha traído a todos hasta la vida adulta. Un recorrido largo y costoso, veinte años de infancia y adolescencia invertidos en adquirir nuestra independencia, en desarrollar las capacidades comunes a todos los humanos —controlar el movimiento, hablar, comprender el mundo y adaptarnos—, pero también las características individuales que nos hacen únicos —nuestra personalidad, modelada por el ambiente, y nuestra experiencia—. El desarrollo del sistema nervioso, o neurodesarrollo, es un viaje fascinante que asombra y obliga a reflexionar sobre la fragilidad y grandeza de los seres humanos.

Disimulado en lo cotidiano, el neurodesarrollo pasa desapercibido. A pesar de ser sus artífices biológicos y culturales, no todos los padres disfrutan en profundidad de este proceso extraordinario. Si desconocen su curso y evolución, se pierden parte del encanto que supone ser testigos íntimos y privilegiados de cómo su hijo recién nacido avanza día a día hacia el adulto independiente en que se convertirá. Una experiencia única para madres y padres, pero también para docentes, pediatras, enfermeras, profesionales de la

salud y todos aquellos que acompañan a los niños en sus progresos. Percatarse y entender cómo sucede esta evolución ayuda, por un lado, a entender mejor a hijos, alumnos y pacientes, a equiparse bien para acompañarlos en su viaje hacia la vida adulta, y por otro lado, nos permite profundizar en nuestra historia individual y autoconocimiento personal.

Llamamos *neurodesarrollo* al proceso de crecimiento y capacitación que experimenta el sistema nervioso durante la infancia y la adolescencia. Su estudio es imprescindible para mi ejercicio profesional, pues, como pediatra, soy médico especialista en el desarrollo infantil, y como neuróloga, me corresponde conocer el sistema nervioso sano y también sus enfermedades. Soy pues una espectadora privilegiada del crecimiento personal de muchos niños y puedo aclarar en consulta el porqué de lo que les sucede. Me gusta hacerlo. Veo que ayuda tanto a los niños como a sus padres y para que se beneficie todo el mundo, también comparto esta información en mi blog *Neuronas en crecimiento*. Alentada por su buena acogida, me atrevo ahora a explicar sus contenidos de forma más estructurada y con mayor detalle en las siguientes páginas. Espero haber conseguido mis objetivos y que este libro resulte interesante y ameno. Sin renunciar al rigor científico, he procurado usar un lenguaje sencillo que explique de forma simplificada, inteligible y entretenida, las teorías actuales sobre el cerebro en desarrollo. En aras de una lectura más fácil, el contenido se expresa de forma afirmativa, sin embargo, cabe subrayar que se trata solo de lo que creemos que sucede según lo averiguado hasta ahora mediante los procedimientos, aún limitados, para explorar el cerebro. La ciencia está en continua revisión, y lo que considerábamos certezas se sustituye a diario por nuevas pruebas que, a su vez, tarde o temprano quedarán obsoletas y serán desplazadas por nuevas teorías. Además, la neurociencia se encuentra con otra traba: las limitaciones tecnológicas y éticas nos impiden observar de primera mano los procesos que suceden en el cerebro. Intentamos suplir esta carencia observando la conducta, los estudios de imagen y la actividad eléctrica cerebral, así como mediante otras técnicas, como el examen de tejido cerebral *postmortem*, la investigación con animales o los cultivos celulares. Y, aun así, la neurociencia sigue sin poder explicar los procesos cerebrales humanos.

Pero este no es un libro de neurociencia, aunque trate dicha materia. El verdadero protagonista es el órgano principal del sistema nervioso, el cerebro, así como su crecimiento y maduración. Por eso me he permitido

tratar otros temas, no siempre neurológicos, que ayudan a la comprensión y refuerzan mi idea de que lo humano está en el cerebro.

Hablar de neurodesarrollo implica señalar etapas y edades, aunque la variabilidad individual es enorme. Muchos niños sin dificultades en su evolución madurativa son precoces o tardíos en capacitarse para una habilidad concreta, sin que esto indique que exista un problema. Las edades mencionadas en el texto son las más probables para que aparezca una competencia nueva, y en ningún caso deben tomarse como absolutas. El desarrollo individual de un niño debe valorarse en su globalidad por el profesional competente, el pediatra. Si durante la lectura del libro surge intranquilidad sobre el neurodesarrollo de un niño en particular, lo más sensato es resolverla cuanto antes consultando a su pediatra, que detectará a tiempo la presencia de un problema real o bien lo descartará, evitando preocupaciones innecesarias. Por otra parte, el texto está escrito utilizando el masculino genérico, que permite designar a todos los niños sin distinción de su sexo. Esto simplifica el relato, agiliza la lectura y es lo propio del idioma español.

En mi imperfección, quizá me he excedido resumiendo algunos temas y alargando otros, y también habré caído en olvidos e incorrecciones. Pero espero que tengas la amabilidad de perdonarme, pues lo cierto es que, una vez concluido el libro, soy más consciente de mi atrevimiento y mis limitaciones. En cualquier caso, tienes ahora en tus manos el entusiasta resultado de un trabajo que he disfrutado escribiendo. Ojalá te proporcione un rato de lectura interesante y amena.

Capítulo 1:

El sistema nervioso

Los seres vivos con sistema nervioso perciben su hábitat —información sensorial— y reaccionan en consecuencia —actividad motora—, lo que implica que pueden cambiar de postura y ubicación para sobrevivir y perpetuar su especie. Si nos fijamos, solo los seres vivos pluricelulares que pueden moverse tienen sistema nervioso. La mayoría de animales se ajustan a esta afirmación, pero no todos.

Encontramos animales sin sistema nervioso, como las esponjas, que no necesitan porque no se desplazan. También existe lo contrario, es decir, animales con sistema nervioso pero que no se desplazan. Es el caso de ciertas clases de tunicados, las *Sorberaceas*, que, aunque viven ancladas al fondo marino y no cambian de sitio, cuentan con un cordón nervioso dorsal. Y, para complicarlo más, otra clase de tunicados, las *Ascidias*, tienen sistema nervioso en su fase larvaria, parecida al renacuajo, que pierden en la edad adulta tan pronto como se anclan al fondo marino.

Pero, como decía, casi todos los animales se desplazan y tienen sistema nervioso, porque este cobra todo su sentido con la facultad del movimiento. El órgano regulador del sistema nervioso es el cerebro. Mediador de la interacción entre el cuerpo y el mundo exterior, permite a los animales moverse para mejorar su adaptación —búsqueda de alimento, reproducción, migraciones— o para modificar su hábitat según sus necesidades de supervivencia —nidos, presas, uso de herramientas—. El animal con mayor capacidad adaptativa es el ser humano, que puede sobrevivir en múltiples

lugares, desde los polos al ecuador terrestre, modificando su hábitat para lograr esa supervivencia. Este extraordinario talento se debe sin duda a la flexibilidad de su conducta que, a diferencia de la de otros animales, no está determinada al nacer. Es esa indeterminación la que le facilita que cambie y adquiera nuevos conocimientos a través de la experiencia. Una transformación que empieza al nacer y se prolonga durante toda la vida. Un cerebro en constante modificación, siempre inacabado. Por eso, en apariencia, estamos menos dominados por nuestros instintos que los animales.

El cerebro humano siente fascinación por su propia naturaleza y, a pesar de haber avanzado mucho en su entendimiento, sigue guardando sus misterios, se resiste al autoconocimiento. La filosofía, la literatura y la pintura fueron las primeras en intentar aproximarse a sus secretos. Luego, la medicina, la biología, la psicología, la química y la física se sumaron al empeño, en un trabajo inconcluso y aún imperfecto, como imperfecto e inacabado es el propio cerebro.

La abundancia y lo intrincado de las funciones cerebrales se manifiestan en la extraordinaria estructura del cerebro. Es un órgano relativamente pequeño, pues pesa 1350 g y ocupa 1200 cm³, de desagradable aspecto gelatinoso, con sinuosa superficie rosada e interior blanquecino. Sus 86 000 millones de neuronas se conectan entre sí mediante enlaces electro-químicos, en una unión llamada *sinapsis*, para formar un entramado de 900 billones de conexiones a través de 1 600 000 km de «cableado». Nunca se detiene, ni en el sueño, ni en reposo, ni durante la meditación, y consume casi toda la energía de nuestra alimentación diaria. Inmerso en un mundo de abundantes estímulos que procesa, percibe, comprende e interpreta constantemente para contribuir a dar la respuesta adecuada a cada circunstancia. De esta continua actividad surge la conciencia humana, y de ella, nuestras obras y sus contradicciones.

Para manejar toda esta complejidad, es imprescindible una organización estructural perfecta, de funcionamiento preciso y coordinado. Por eso el sistema nervioso está muy ordenado y altamente jerarquizado, en un laberinto inextricable cuyas estructuras seguimos sin conocer a fondo y cuyos procesos seguimos sin comprender en su totalidad. Así pues, para estudiarlo y entenderlo necesitamos hacer divisiones y clasificaciones teóricas, tanto

anatómicas como funcionales.

En cuanto a su anatomía, el sistema nervioso humano se divide en sistema nervioso central (SNC) y sistema nervioso periférico (SNP). El sistema nervioso central está protegido por estructuras óseas, y así dentro del cráneo se encuentran el cerebro, el cerebelo y el tronco del encéfalo; y dentro de la columna vertebral está la médula espinal. De la médula espinal salen y entran los nervios periféricos que, en conjunto, forman el sistema nervioso periférico. Los que salen se dirigen hacia las extremidades para coordinar su movimiento —nervios motores— o hacia los órganos para regular su marcha —nervios vegetativos eferentes—. Los que entran vienen de recoger las sensaciones de las extremidades —nervios sensitivos— o de recibir la información del estado de los órganos —nervios vegetativos aferentes—.

Para completar el estudio del sistema nervioso, a la división anatómica o estructural se añade la funcional o de sus competencias, que dividimos en conscientes e inconscientes.

Las ocupaciones conscientes, que implican la cognición y el sistema sensitivo-motor, ocupan la parte más superficial del cerebro o corteza cerebral, que modula la vida de relación y nuestra respuesta a lo que sucede en el exterior. En las inconscientes, el protagonista es el sistema vegetativo-autónomo liderado por el hipotálamo, una estructura en el centro del cerebro que se encarga del mantenimiento del medio interno, el trabajo de los órganos, los ritmos biológicos —sueño-vigilia, secreciones hormonales— y las conductas de supervivencia —comer, beber, huir o luchar y reproducirse—.

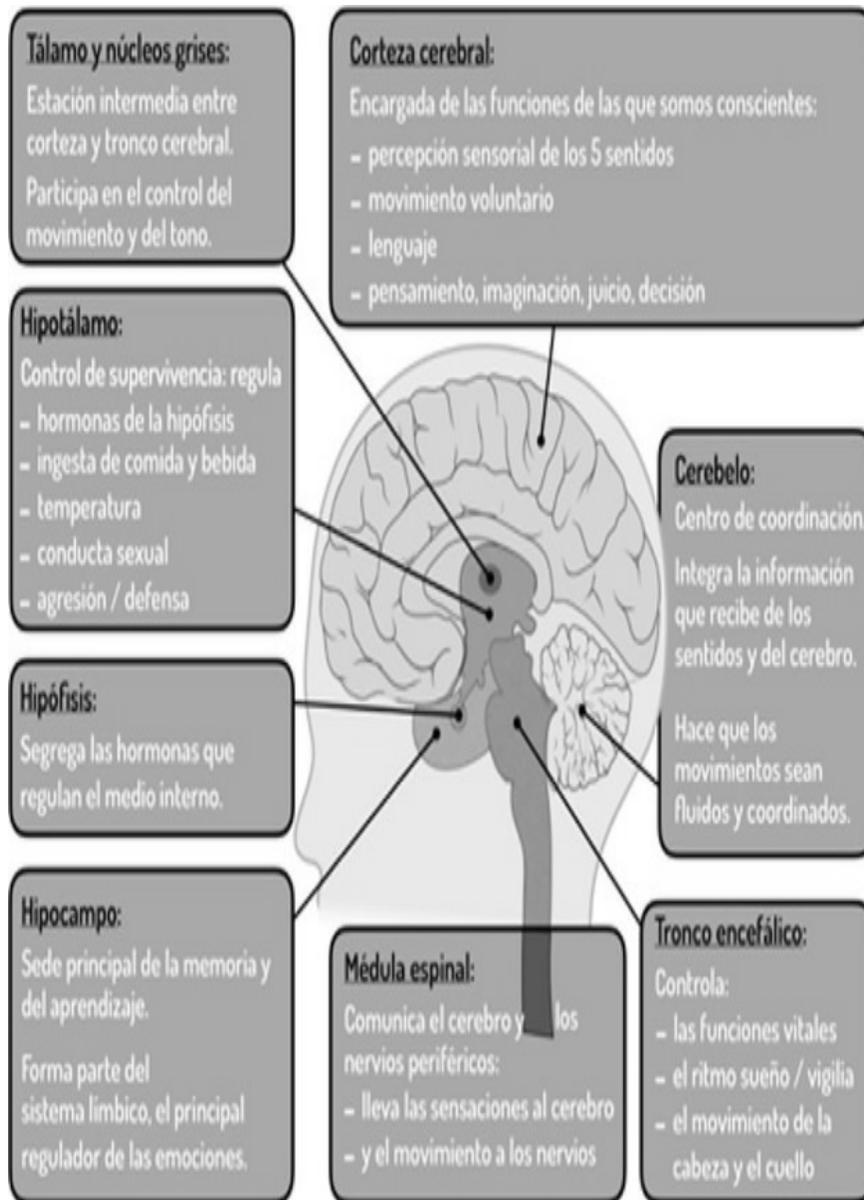


Figura 1.1. Partes del sistema nervioso central y sus funciones

Estas divisiones y clasificaciones se hacen de forma artificial con el objeto de entender el sistema nervioso, que, en realidad, actúa de forma unitaria con sus distintas estructuras trabajando de manera simultánea y coordinada. Lo consciente y lo inconsciente se imbrican íntimamente, la corteza cerebral y el hipotálamo están en continua comunicación y ambos sistemas participan en distinta medida en todas las acciones, sean conscientes o no. Esto está facilitado por la doble organización «topográfica» y «jerárquica» del sistema nervioso.

Las estructuras que forman dicho sistema presentan una minuciosa topografía de cometido preciso y concreto, y están conectadas con todas las demás de forma directa o indirecta.

En el caso de la corteza cerebral, esta topografía se advierte en la organización de su superficie, tan extensa —2,50 m², aproximadamente la superficie que ocupa una colcha de matrimonio— que necesita replegarse sobre sí misma para caber en el cráneo. Su principal cometido es organizar y coordinar percepción, movimiento, lenguaje, pensamiento, recuerdos, ideas y emociones. Una tarea tan sofisticada que necesita repartirse entre varias áreas especializadas: sensoriales, motoras y de conexión o asociación, estas últimas situadas entre las sensoriales y las motoras. A su vez, cada una de estas áreas se divide en otras menores que se ocupan de trabajos más específicos. Por ejemplo, la corteza visual ocupa toda la región occipital o posterior de la corteza y se dedica a ver. Pero la visión tiene muchos matices, pues cualquier objeto posee forma, color, tamaño y textura, está en sombra o iluminado, tiene brillo o es mate... Pues bien, la información de cada uno de esos matices la recibirá, para su análisis, la zona especializada y definida para ello en la corteza visual. Esta información se asocia, se mezcla, para representar el objeto que vemos como único y diferenciado. Tras verlo y reconocerlo, le asignamos una identidad asociada a una idea, para lo que interviene el área del lenguaje, muy próxima al área visual, junto a las regiones auditivas. Si lo nombramos en voz alta, para compartir nuestra idea, usamos el área motora del habla, situada en el lóbulo frontal, la parte más delantera de la corteza, muy alejada del área visual. Es decir, usamos prácticamente toda la corteza cerebral para comprender y compartir con otros lo que vemos. Pero también funciona a la inversa. Si en una conversación alguien dice que «el mar está revuelto y oscuro tras la tormenta», lo visualizarás perfectamente en tu cerebro. Primero se habrá activado el área auditiva, y mediante las áreas de asociación evocarás la imagen que tienes del mar en esas circunstancias. Pero no solo evocarás una imagen, sino que tus ojos reaccionarán como si realmente estuvieras viendo el mar oscurecido por la tormenta y tus pupilas se dilatarán como reacción a la imagen mental creada en tu cerebro.

Quizá ahora se entiende mejor por qué la corteza cerebral no funciona de forma parcheada, sino como una unidad donde todas estas áreas especializadas se conectan entre sí y contribuyen a ejecutar todas nuestras

ocupaciones conscientes de manera ordenada y eficaz.

El resto de estructuras cerebrales, y de todo el sistema nervioso, también presentan una topografía propia de gran precisión. La del hipotálamo, rector del medio interno y de los órganos corporales, se organiza en núcleos de neuronas especializadas en las distintas funciones de regulación corporal: temperatura, acidez de la sangre, niveles de azúcar o de agua corporal, tensión arterial, vigilia o sueño, inmunidad, respiración, actividad sexual... Confinados en tan solo 3 cm³, el tamaño de una avellana, los núcleos se conectan entre sí para permitir el gobierno coordinado y global del trabajo de los órganos que mantiene estables las condiciones físico-químicas del medio interno. Por ejemplo, el aumento de la temperatura corporal nos hace sudar, lo cual supone una pérdida de líquido y sales que debemos reponer con el fin de conservar las cantidades que las células necesitan para mantener su actividad metabólica. Entonces nos entra sed y tenemos que beber agua, un acto consciente. Por tanto, el hipotálamo y la corteza cerebral están también conectados entre sí y se acoplan, aunque no seamos conscientes de ello.

Para garantizar el éxito de esta coordinación, el sistema nervioso necesita, además de una organización topográfica, una organización jerárquica. Simplificando mucho, podríamos decir que cada estructura manda sobre las que están anatómicamente por debajo y recibe órdenes de las que tiene por encima. La actividad consciente tendría su mando superior en la corteza cerebral y el rango más bajo estaría a nivel de los núcleos de la médula espinal. Los mandos intermedios se encontrarían en el sistema límbico, que controla las emociones y está íntimamente ligado al hipotálamo, y en los núcleos grises de la base cerebral que, junto con el cerebelo y el tronco del encéfalo, intervienen en la coordinación motora y la regulación corporal. Cada uno de estos niveles tiene una capacidad ejecutiva «automática» sin la participación activa de la corteza cerebral. Por ejemplo, los núcleos motores de la médula espinal pueden continuar la marcha una vez iniciada, y así permitimos pasear tranquilamente mientras pensamos en nuestras cosas. Pero en el momento en que la corteza se activa, recupera el control sobre las estructuras inferiores, y así podemos pararnos a saludar cuando nos cruzamos con un amigo.

Para que nuestra conducta sea ordenada y eficaz, la corteza cerebral gestiona de forma continua todas estas actividades, para facilitarnos que en

cada instante seamos plenamente conscientes solo de la ocupación más importante.

El cerebro humano es un órgano asombroso que integra nuestro cuerpo y regula nuestro organismo para que funcione y actúe de manera coordinada como una unidad, como una persona. Es en el cerebro donde nuestros pensamientos, ideas, emociones y conductas se originan. Es en él donde almacenamos nuestros recuerdos e imaginamos nuestro futuro. Se conmueve, crea, espera, comparte, aprende y enseña, ama... El cerebro contiene la esencia de nuestra humanidad.

«El cerebro contiene la esencia de nuestra humanidad».

Capítulo 2:

¿Somos fruto del azar?

Toda esta organización, esta intrincada filigrana, se diseña a partir de la información contenida en nuestro genoma, posteriormente modificada y modelada por nuestra experiencia personal, de manera que cada uno de nosotros es un individuo único, una persona irrepetible. En definitiva, no hay dos cerebros iguales.

La singularidad de las personas fascina sin remedio. Basta con estar en un concurrido lugar público para percatarse. En el metro, en el mercado o simplemente andando por la calle, las personas de nuestro alrededor son todas distintas entre sí. Su aspecto físico, sus andares, su gestualidad, su voz... ¿No es asombroso? Las combinaciones son infinitas y resulta imposible encontrar a dos personas iguales. Ni siquiera los gemelos idénticos son tan idénticos.

Esto se debe a que cada uno de nosotros es el resultado de incontables casualidades, el exitoso superviviente de las adaptaciones de sus antepasados, el producto de la herencia biológica y cultural de quienes nos preceden y también el fruto de la propia experiencia. Porque, además de la herencia genética, cada persona tiene una experiencia irrepetible, y es mediante la combinación de herencia y experiencia como se modela nuestra individualidad.

Somos fruto del azar, y es el azar lo que nos hace únicos.

El azar que lleva a que una mujer y un hombre se conozcan y tengan descendencia. Y antes de ellos, sus padres —cuatro abuelos—, más atrás los

padres de los abuelos —ocho bisabuelos—, los tatarabuelos —dieciséis—, los trastatarabuelos —treinta y dos—... Esas personas concretas, y no otras.

También el momento de la concepción es fruto del azar. El óvulo de ese ciclo ovárico, y no el de otro, justo ese espermatozoide de los ciento cuarenta millones necesarios para que una eyaculación tenga capacidad fértil. Cada óvulo y espermatozoide son también únicos e irrepetibles, y por eso los hermanos nunca son iguales.

Es casualidad ser el mayor o el menor de los hermanos, o el único hijo. Quizá una pareja decida no tener más hijos después del primogénito. Quizá un hijo fallecido o un aborto previo pueden abrir la puerta a un nuevo embarazo.

Todas estas casualidades, y probablemente alguna más, acaban combinándose en 46 cromosomas únicos e irrepetibles. Los tuyos, los míos... De la unión de ese óvulo y ese espermatozoide únicos surge una nueva célula, el cigoto, que a lo largo de toda la gestación irá dividiéndose y diferenciándose en células especializadas hasta formar un ser humano completo y listo para seguir desarrollándose en el mundo exterior.

Así pues, nuestro genoma, contenido en el núcleo de cada una de las células del cuerpo, encierra la información que heredamos de nuestros padres, necesaria para ejecutar este programa, y guarda las instrucciones para mantener la estructura y actividades celulares. La molécula básica del genoma es el famoso Ácido Desoxirribonucleico (ADN), que está formado por la combinación de tan solo cuatro compuestos químicos: las bases adenina (A), guanina (G), citosina (C) y timina (T). Estos compuestos, como los eslabones de una cadena, forman una larga secuencia que podemos «escribir» con las iniciales de cada uno de ellos, por ejemplo: A-T-G-C-T-G. Cada molécula de ADN tiene dos cadenas, una frente a otra, que se acoplan entre sí como las piezas de un puzle en el que la adenina (A) solo encaja con la timina (T), y la citosina (C) con la guanina (G). Así, a la secuencia anterior le correspondería su complementaria T-A-C-G-A-C. El orden de la secuencia permite a la célula «leer» la información y transformarla en los compuestos necesarios, tanto para su mantenimiento como para cumplir con su cometido en el organismo.

En 2005, se consiguió conocer la secuencia específica del genoma humano. Ahora sabemos que nuestro ADN está formado por la sucesión de tres mil millones de bases ordenadas en unos veintiún mil genes. Más del

99,9 % de la secuencia es la misma para todos los seres humanos. Cada uno de nosotros se diferencia de los demás en tan solo 1,5 millones de bases de los tres mil millones que caracterizan la especie. Aunque seamos bien distintos unos de otros, la diferencia genética es mínima.



En el año 2005 se consiguió la secuencia completa del genoma humano

Figura 2.1. Porcentaje de ADN de un individuo que no es idéntico al de los demás

La mayoría del tiempo nuestras células trabajan frenéticamente para mantenerse y mantenernos vivos. Para eso necesitan que el ADN esté desplegado, pues de lo contrario no podrían leerlo. Pero nuestras células

también se reproducen, y lo hacen dividiéndose en dos células iguales. Para asegurarse de que cada una se lleva exactamente la misma cantidad de material genético, el genoma debe ordenarse, y lo hace en forma de cromosomas.

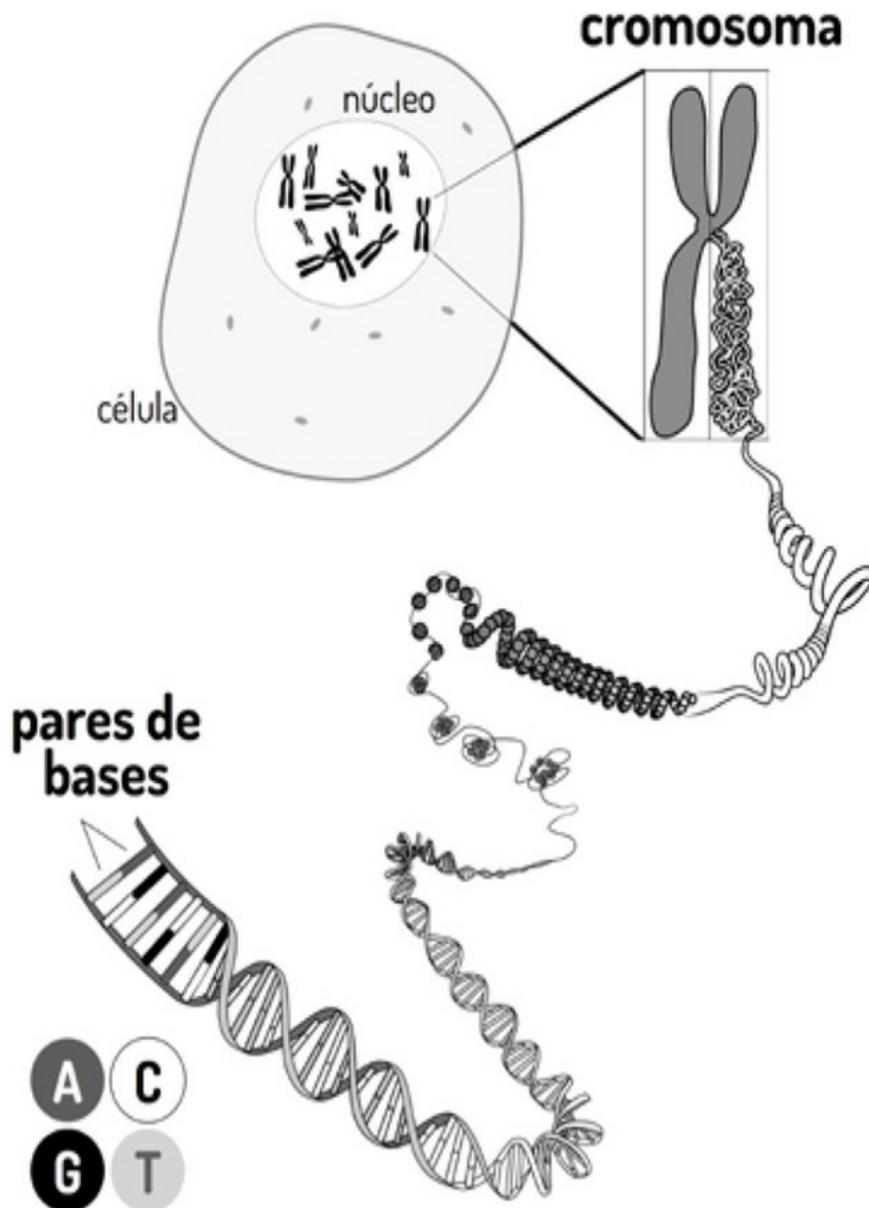


Figura 2.2. Cadena de ADN empaquetada en un cromosoma. Fuente: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chromosome-es.svg>.

Antes de dividirse, la célula hace una copia exacta **«Somos fruto del azar, y es el**

de su material genético, lo **azar lo que nos hace únicos»**.

repliega en cromosomas y se lleva la mitad a cada uno de

sus polos celulares. A continuación, se parte en dos nuevas células genéticamente idénticas. Esto es así en todas las células del cuerpo que pueden dividirse, excepto en las células reproductoras o gametos, que son el óvulo y espermatozoide. Las células que van a formar los gametos, o células precursoras, necesitan desempeñar dos acciones antes de dividirse. Primero deben mezclar las secuencias de ADN para asegurar la variabilidad y singularidad de cada gameto, y así evitar que haya dos espermatozoides u óvulos iguales. Después, en vez de dividirse en dos células nuevas de cuarenta y seis cromosomas cada una, que es la cantidad cromosómica en la especie humana, se divide en dos células dotadas de veintitrés cromosomas, es decir, la mitad, para que el futuro ser humano tenga también cuarenta y seis cromosomas.

De los cuarenta y seis cromosomas de la especie humana, cuarenta y cuatro comparten las mismas características tanto en hombres como en mujeres — cromosomas autosómicos— y dos participan en la determinación del sexo biológico de la persona —cromosomas sexuales—. Pese a ser un concepto básico de genética, el descubrimiento de que los humanos tenemos cuarenta y seis cromosomas es relativamente reciente y se atribuye a la ciencia española. Sé que esta información puede resultar sorprendente, o al menos a mí me sorprendió, y fue casual la forma en que la descubrí.

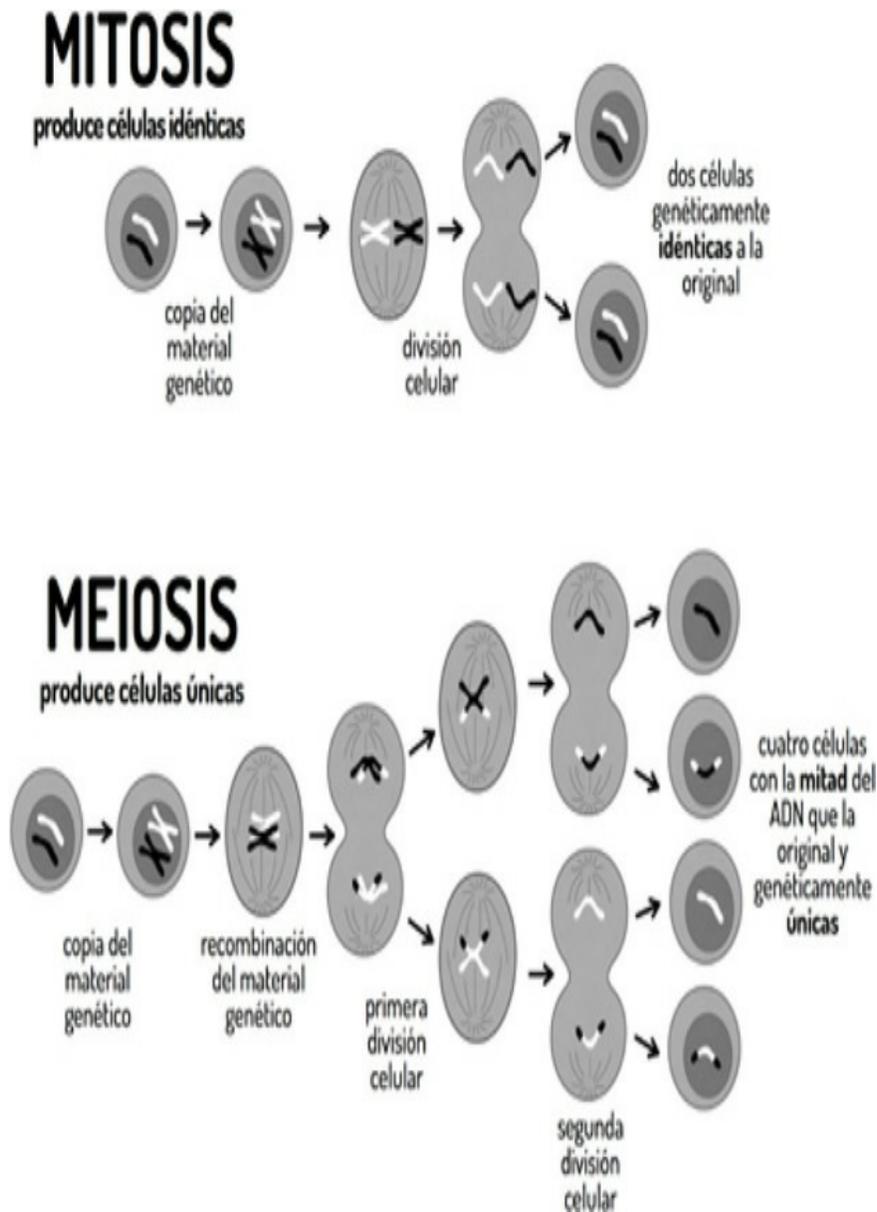


Figura 2.3. Mitosis y meiosis

Siempre me ha gustado mucho hojear los libros de mi abuelo, José Miguel Mas Casamayor, que era médico rural. Una noche que estudiaba la asignatura de Embriología Humana, en segundo curso de la carrera (1988-89), me llamó la atención uno de sus libros, publicado en 1935 y titulado *Compendio de embriología humana*, de Alfred Fischel. Lo abrí y leí: «en los núcleos de las células somáticas del hombre hay 48 cromosomas».

Me sorprendí muchísimo: ¿era una errata ocasional? Pero no podía serlo, porque se repetía a lo largo de todo el texto y, además, se añadía que el

número de cromosomas en las células reproductivas era veinticuatro —la mitad de cuarenta y ocho—. Entonces, me pregunté, ¿hubo un tiempo en que los científicos no fueron capaces de contar que los cromosomas eran cuarenta y seis? Trasladé mi duda a varios profesores de mi facultad, pero nadie me supo explicar más y la duda quedó aparcada durante veinticuatro años.

En el verano de 2012, leí *La vida inmortal de Henrietta Lacks*, un libro fascinante escrito por Rebecca Skloot sobre la historia de las células HeLa, un tipo particular de células utilizadas para la investigación en muchos campos de la ciencia. Su lectura me tenía absorta, porque las cuestiones éticas, legales y científicas que planteaba sobre la investigación con tejidos humanos tenían difícil respuesta. De pronto, me llamó la atención esta frase: «Este hallazgo accidental fue el primero de varios que permitieron a investigadores de España y Suecia descubrir que las células humanas normales tienen cuarenta y seis cromosomas».

De inmediato, recordé el texto del libro de mi abuelo y, al mismo tiempo, me sorprendió que tamaño descubrimiento fuese hecho nada menos que por investigadores españoles. ¿Cómo es que yo no lo sabía? ¿Cómo es que nadie parecía saberlo?

Decidí investigar...

En 1923, el zoólogo americano Theophilus Shickel Painter consiguió observar por primera vez de manera simultánea todos los cromosomas de un núcleo celular humano y contó cuarenta y ocho. Durante treinta y tres años nadie cuestionó el hallazgo. Pero en 1956 la revista sueca *Hereditas* publicaba «The Chromosome Number of Man» un artículo que demostraba que la dotación genética humana es de cuarenta y seis cromosomas, hallazgo fundamental para el desarrollo posterior de la genética clínica.

Los autores del artículo, Joe Hin Tjio —pronunciado *Chío*— y Albert Levan, estaban adscritos respectivamente a instituciones de Zaragoza (España) y Lund (Suecia). Aunque el estudio se hizo en el laboratorio de Levan, el investigador y responsable principal fue Tjio, que en aquellos años era el director del departamento de citogenética de la Estación Experimental Aula Dei del CSIC e investigador visitante en Lund. «Intentaba estudiar los cromosomas humanos y de forma inesperada conté claramente que las células del tejido en mi microscopio tenían 46 cromosomas, no 48 como se había pensado durante tantos años».

Debe de ser muy emocionante descubrir algo nuevo. No puedo resistirme a

imaginar cómo debió de ser ese momento para Tjio¹.

El frío era intenso aquella mañana de jueves, nada raro en Lund a falta de tres días para la Navidad de 1955. Un día más, Joe Hin Tjio empezaba la jornada en el laboratorio examinando muestras al microscopio.

Estaba muy interesado en el estudio de los cromosomas humanos, estructuras efímeras que solo se dejan ver durante el breve lapso de tiempo que dura la división celular. Por eso la tarde anterior había añadido colchicina² al medio de cultivo, para así detener la mitosis y «congelar» el momento.

Días antes había preparado con mucho cuidado aquel cultivo tisular, fibroblastos pulmonares de embriones humanos procedentes de abortos legales. Con las técnicas aprendidas del Dr. Hsu durante el verano anterior en Nueva York, había tratado el medio de cultivo para que tuviera menos concentración de solutos que el interior de la célula, lo que hacía que los cromosomas se expandieran. En este cultivo hipotónico³ los cromosomas se identificaban mejor, pero sus bordes quedaban muy borrosos y mal definidos, por eso Tjio había pensado que disminuyendo a solo uno o dos minutos el tiempo que permanecía el tejido en un medio hipotónico, los cromosomas se hincharían menos y el efecto borroso sería menor.

Depositado en su correspondiente portaobjetos, había fijado el cultivo con una solución de ácido acético y, con mucho cuidado, para ejercer la presión justa sobre el cultivo, colocó el cubreobjetos sobre la preparación y se inclinó a mirar por el microscopio.

Sonrió satisfecho. Allí estaban todas esas células con sus cromosomas perfectamente delimitados en el interior del núcleo, de modo que no le resultaba nada difícil distinguirlos individualmente. Había conseguido mejorar la técnica de observación.

Contó los cromosomas de manera rutinaria: cuarenta y tres, cuarenta y cuatro, cuarenta y cinco, y cuarenta y seis. «Me he descontado», pensó, y volvió a empezar.

¡Nuevamente cuarenta y seis! «Quizá en esta otra célula...». ¡Cuarenta y seis! «¿Y aquella?». ¡Invariablemente, cuarenta y seis!

¡Las quince células del cultivo, todas, tenían claramente cuarenta y seis

cromosomas!

«Pero ¿cómo es posible? Se supone que debería haber cuarenta y ocho...». Cogió otra muestra y volvió a contar: cuarenta y seis.

«¿Y si en realidad la dotación cromosómica humana fuera de cuarenta y seis cromosomas?».

Tjio no salía de su asombro, necesitaba compartir su hallazgo, pero el director del laboratorio, Albert Levan, estaba de vacaciones. Alborozado, explicó a sus colegas lo que había encontrado. De forma unánime, todos le animaron a publicar los resultados de inmediato, poniéndose él en el justo lugar del primer autor. Esto era contrario a la tradición universitaria, por la que el jefe del laboratorio tenía siempre la autoría de cualquier trabajo que surgiera de él. Levan no había participado para nada en el trabajo, y por eso Tjio consideraba injusto que quedase como el primer autor, aunque fuera su laboratorio el que había proporcionado los medios.

Cuando Levan volvió de sus vacaciones, ambos se enzarzaron en una airada disputa.

—Si usted desea ser el autor, haga usted el trabajo —dijo Tjio, que amenazaba con destruir todas las muestras para que Levan tuviera que reproducir los resultados.

Levan cedió:

—No lo haga. Los resultados pertenecen a la ciencia.

De este modo, Tjio, entonces director del Departamento de Citogenética de la Estación Experimental Aula Dei de Zaragoza, es reconocido como el investigador español que contó los cuarenta y seis cromosomas.

Vaya carácter tenía Tjio, por su obstinación parece que hubiera nacido en España, pero su nombre ya nos hace sospechar que no es así.

Joe Hin Tjio nació el 2 de noviembre de 1919 en la isla de Java, entonces Indias Orientales Holandesas. Sus padres, inmigrantes chinos, tenían un negocio de fotografía. El padre era fotógrafo profesional y Joe lo ayudaba con los revelados en el cuarto oscuro al salir de la escuela. Así aprendió un oficio que luego le sería muy útil para fotografiar lo que veía al microscopio.

En 1940, tras completar sus estudios de Agronomía en la Escuela de Bogor, trabajó como investigador y desarrolló híbridos de la patata resistentes a distintas plagas.

La Segunda Guerra Mundial interrumpió trágicamente su carrera. Los japoneses, que había invadido la isla de Java en 1942, lo apresaron e internaron durante tres años en el campo de concentración de Bandung, donde sufrió torturas y otras atrocidades.

Al terminar la guerra, consiguió un pasaje en un barco de la Cruz Roja para viajar a Holanda, donde fue becado por el Gobierno en 1945 para estudiar e investigar en el Real Colegio de Veterinaria y Agricultura de Copenhague y después en la estación agronómica de Svalöv (Suecia). En Svalöv coincide con Enrique Sánchez-Monge, ingeniero agrónomo y pionero de la genética española, quien aprecia su enorme calidad y lo convence para establecerse en España.

Durante once años, de 1948 a 1959, Tjio fue el director del Departamento de Citogenética de la Estación Experimental Aula Dei, en Zaragoza. Es durante ese periodo, concretamente en 1955, cuando acude como investigador visitante al laboratorio de Albert Levan, en Lund, donde descubre que la dotación cromosómica humana es de cuarenta y seis. Al año siguiente, en 1956, presenta sus hallazgos en Copenhague, en el «Primer Congreso Internacional de Genética Humana», lo que causó una revolución en la joven ciencia de la citogenética humana.

Tras su etapa española, marcha a Estados Unidos, donde pasará el resto de su vida.

De 1959 a 1997, trabaja en los National Institutes of Health (NIH) de Bethesda (Virginia), donde estudia la leucemia y también el retraso mental, que irónicamente padecería su único hijo. Falleció a los ochenta y dos años de edad en Gaithersburg (Estados Unidos), el 27 de noviembre de 2001.

Sería fantástico que alguien produjese una película basada en Joe Hin Tjio, cuya vida y difíciles circunstancias son tan interesantes como su descubrimiento. Mientras, reivindicemos que al menos conste en los libros de texto de nuestros escolares.

Notas al pie

1. El relato del hallazgo de Tjio está basado en las entrevistas que concedió en vida y en la publicación original del artículo «The Chromosome Number of Man».
2. *Colchicina*: Fármaco que detiene o inhibe la división celular en metafase o en anafase.
3. En un cultivo con ambiente hipotónico, el agua en la que se colocan las células tiene menos partículas de sal que las que tiene el interior de la célula. Como la célula tiene una membrana parcialmente permeable, el agua pasará al interior de la célula hasta que la proporción de sales de uno y otro lado de la membrana se iguale. Esto hinchará la célula y, al haber más agua dentro, se separarán sus organelas y estructuras, lo que permite identificarlas y verlas mejor.

Capítulo 3:

Herencia y ambiente

De esos cuarenta y seis cromosomas únicos e irrepetibles que constituyen la dotación genética del cigoto va a surgir un ser humano completo. Tras una gestación de nueve meses, de unas treinta y ocho a cuarenta semanas, estará listo para la vida extrauterina y se producirá el parto.

Sin embargo, a diferencia de lo que sucede en otras especies animales, apenas tendrá autonomía. Mientras la mayoría de mamíferos son capaces de caminar casi inmediatamente después de nacer, él tan solo puede mover la cabeza de un lado a otro en busca del pecho materno y succionar, no puede ni cambiar de postura sin ayuda, y le llevará el promedio de un año conseguir andar sin apoyarse.

Otros mamíferos desarrollan su motricidad básica durante la gestación, y en el momento de nacer su cerebro está más maduro, así que su crecimiento y capacitación necesitarán menos tiempo para completarse. La inmadurez del cerebro humano y su lento desarrollo posterior contribuyen a esa mayor y mejor capacidad de adaptación que tenemos respecto a otros seres vivos. Escasamente consolidados al nacer, el desarrollo de nuestros circuitos es más versátil, ya que depende de las oportunidades ambientales, y esa versatilidad favorece una conducta menos predeterminada, una respuesta más rica y variada. El nuestro es, pues, un cerebro más plástico que otros, lo que explica en gran medida su poder adaptativo, que cambia con la edad pero no desaparece, y nos permite amoldarnos a las variaciones vitales. El cerebro humano es quizá el mejor dotado para la adaptación al medio, y es así como

hemos conseguido poblar toda la Tierra.

Los seres humanos modificamos nuestro estilo de vida según los recursos de que disponemos y las circunstancias a las que nos enfrentamos. Como resultado de esta adaptación a nuestro hábitat, creamos un conjunto de formas de vida, costumbres y modas que llamamos *cultura*.

Así pues, nuestras habilidades no son innatas, pero nuestra capacidad de aprender sí lo es. Como cualquier otra especie, la humana tiene sus propios rasgos distintivos determinados por su dotación genética: la morfología corporal, los órganos de los sentidos, la movilidad, la diferenciación sexual y la reproducción, la alimentación, la destreza en el uso de herramientas... Y, como todos los seres vivos, también cambiamos según sean las presiones ambientales a las que nos enfrentamos. No solo modificamos nuestra conducta, sino también nuestra anatomía y fisiología, y lo hacemos desde el mismo momento en que somos concebidos.

El cigoto, célula totipotente que resulta de la fecundación del óvulo por el espermatozoide, contiene en su ADN el programa preciso para el desarrollo de todas las células del cuerpo y las instrucciones para su regulación. Esto significa que lleva escrita la forma de la cara, la altura, el color de los ojos, la manera de caminar, el sonido de la risa o la modulación de las emociones. Pero también lleva cómo transformar los azúcares en energía, el proceso del filtrado renal o el potencial eléctrico de una neurona. Una sola célula resume a todo un individuo, pero su potencial completo no tarda en desaparecer, ya que a las treinta horas de la fecundación se produce la primera división, de modo que en vez de una célula tenemos dos. A las cincuenta horas, tenemos cuatro. Al cuarto día, entre doce y dieciséis... Y así, con cada división, cada una de esas células irá definiendo cada vez más su futuro. Seguirá teniendo el mismo genoma, pero no el poder de expresarlo en su totalidad. Para que una célula forme parte de la curva de la mandíbula, dé longitud a un hueso o color al iris del ojo, debe perder la potencialidad de ser otra célula y seguir las señales genéticas que la convertirán en ese tipo específico de célula, y no en otro. A este proceso se lo llama *diferenciación celular* y es la base que permite la existencia de organismos pluricelulares complejos como los humanos.

La diferenciación celular sigue el patrón y secuencia marcados por el programa genético propio, y cada célula expresará unos genes mientras deja de leer la información de otros según las condiciones ambientales. Ella

misma contribuye a cambiar el ambiente celular con su presencia y con los productos resultantes de su actividad. Esta influencia del medio en la expresión genética, *la epigenética*, produce cambios en el genoma, que pueden ser transitorios o permanentes, heredables o no.

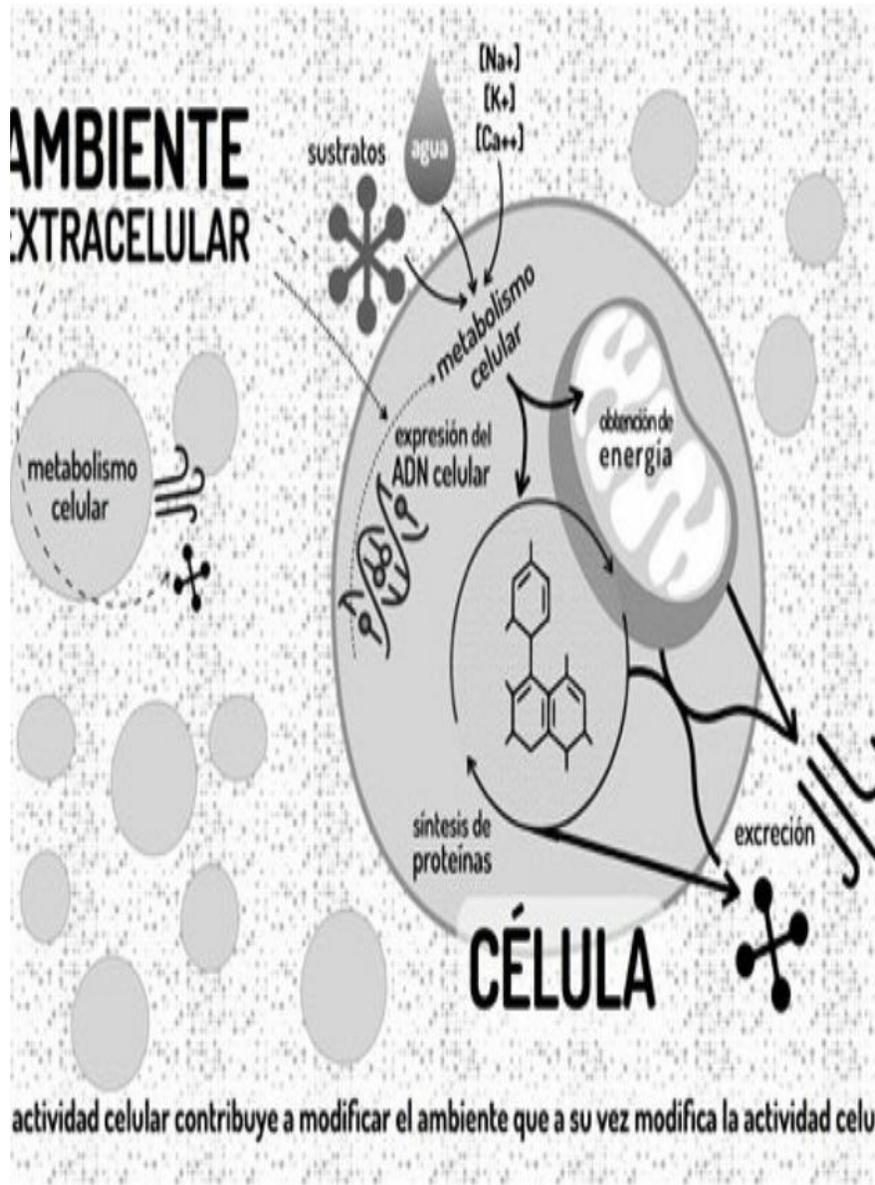


Figura 3.1. Ambiente celular

El desarrollo embrionario progresa intraútero. Sus células, cada vez más diferenciadas, conforman los distintos órganos que, aunque rudimentarios, son bien reconocibles y crecen adaptándose al espacio en el que se

desarrollan, a la vez que su actividad lo modifica. En los siguientes estadios evolutivos, que abarcan la fase fetal, su aspecto es ya inequívocamente humano y pronto alcanzará la madurez adecuada para que se produzca el nacimiento.

Pero los órganos del recién nacido son distintos a los del adulto, pues su anatomía apenas ha iniciado el crecimiento y su fisiología está adaptada a la vida intrauterina. El corazón de un recién nacido, acostumbrado a trabajar con poco oxígeno, late casi al doble de velocidad que el del adulto, para distribuir la sangre oxigenada con la misma eficacia. Dado que los pulmones no han respirado jamás, con las primeras bocanadas de aire deben expandirse y vaciarse del líquido amniótico para sustituir la función oxigenativa, que hasta ahora corría a cargo de la placenta. El intestino solo ha digerido líquido amniótico, y el hígado y el riñón no han tenido que asimilar ni filtrar nada que no haya sido previamente procesado por el organismo de la madre. Así que, durante las primeras horas y días de vida, el recién nacido ha de adaptarse al nuevo medio, por lo que todos sus órganos cambiarán en consecuencia. Después, seguirán ajustando su función a medida que el niño crezca y desarrolle nuevas facultades.

Tomemos como ejemplo lo que sucede con la masa muscular.

Como el recién nacido apenas se mueve, está menos musculado que un niño más mayor o que un adulto. Su masa muscular constituye la quinta parte de su masa corporal, sus fibras musculares son más escasas y pequeñas y presentan mayor proporción de agua. A medida que crece y usa sus músculos, disminuye el porcentaje de agua y aumenta el de proteínas musculares. Al alcanzar la edad adulta, la cantidad de masa muscular será la tercera parte de la masa corporal total, incluso una proporción mayor en personas muy activas físicamente.

También los órganos de los sentidos se han desarrollado en la tranquilidad, oscuridad y monotonía del claustro materno y están perfectamente aclimatados a esas condiciones. Tras el nacimiento, el ojo, el oído, la lengua, el olfato y la piel completarán su desarrollo de forma gradual, adaptando su desempeño al rico mundo lleno de estímulos en el que van a vivir a partir de ahora. El bebé debe aprender a integrar toda esta información para darle sentido y responder de manera adecuada a los cambios constantes del entorno. Esto le llevará mucho tiempo, porque el mundo y sus habitantes son muy diversos y percibir no es sencillo.

El crecimiento del sistema nervioso y la maduración de sus funciones reflejan la adquisición de todas estas competencias. El cerebro, por ser el principal órgano

«Nuestras habilidades no son innatas, pero nuestra capacidad de aprender sí».

del sistema nervioso, el regulador de la conducta y del buen funcionamiento del resto de órganos corporales, es el que más cambios experimentará antes de alcanzar la edad adulta. A medida que los órganos crecen y perfeccionan sus ocupaciones, aumenta también el tamaño de las estructuras cerebrales —corticales o hipotalámicas— que los controlan. Los circuitos y vías nerviosas que sustentan las cualidades específicas de los humanos apenas existen al nacer, pero se crearán a medida que se adquieren las facultades necesarias para la supervivencia. Es así como nuestro cerebro aumenta considerablemente de tamaño y modifica su estructura. Se trata de un órgano inacabado pero dinámico que cambia a lo largo de la vida, capaz de modelarse y modularse con la experiencia, y cuya plasticidad varía con la edad y difiere según la aptitud cerebral que observemos.

Así, en los primeros años de vida, el cerebro infantil tiene una capacidad máxima para adquirir las facultades propias de nuestra especie, las básicas para la supervivencia y comunes a todas las personas, con independencia de su cultura y situación geográfica. Aparecen de forma secuencial, siguiendo un patrón universal común, y surgen de forma «natural», es decir, que emergen sin esfuerzo si nada interfiere. Probablemente, su adquisición viene marcada por la genética. Todos compartimos la misma cualidad sensorial, vemos un espectro luminoso determinado y oímos frecuencias sonoras concretas. Todos caminamos sobre nuestras extremidades inferiores y manipulamos herramientas con precisión gracias a nuestros pulgares oponibles, que nos permiten formar una pinza con los dedos de la mano. Pero todas estas cualidades humanas básicas estarán moduladas por el ecosistema particular de cada niño. Esto implica que, aunque todos los niños aprenden a ver, las experiencias visuales serán muy diferentes para el habitante de Madrid y para el del Polo Norte. Aunque todos llegan a hablar, el idioma y sus acentos no serán iguales, como tampoco lo serán los sabores, peligros, vestimentas ni saludos, porque todas estas prácticas básicas, típicamente humanas, estarán determinadas por las circunstancias de cada niño.

De todas las habilidades de nuestra especie, quizá las sociales sean las más distintivas. Comprendemos, asimilamos y transmitimos conceptos abstractos a los demás gracias a nuestro poder para inferir el pensamiento de otros y dirigir la atención a un mismo interés común. El lenguaje humano permite crear códigos de comunicación y es tan versátil que cuenta con más de seis mil idiomas diferentes subdivididos en múltiples dialectos, lo cual supone otra prueba de la maleabilidad de nuestro cerebro. Además, el lenguaje es el andamio de nuestra educación cultural, aquella cuya mayor o menor utilidad depende del lugar en el que vivamos, pero que aun así no es imprescindible para la supervivencia individual. Los aprendizajes culturales no siguen un patrón establecido y pueden cultivarse a cualquier edad, siempre que primero se hayan adquirido las aptitudes básicas necesarias para poder asimilarlos. Por ejemplo, además del propio lenguaje, es necesario dominar la percepción y la motricidad para poder leer y escribir, cantar y bailar, montar en bicicleta, practicar un deporte o hablar otro idioma. Estas enseñanzas culturales requieren un esfuerzo, no fluyen ni aparecen sin más, y aunque no garantizan nuestra supervivencia, mejoran nuestra adaptación al medio, nos enriquecen como personas y son la expresión de la diversidad humana. Al igual que sucede con las cualidades básicas, es la capacidad plástica del cerebro la que permitirá crear y consolidar los circuitos que van a albergarlas.

Nuestra supervivencia como especie depende de la capacidad para adaptarnos, de cómo usamos y transmitimos a futuras generaciones los conocimientos asimilados. Al saber adaptarnos mejor que otras especies, nuestra aclimatación es mayor, lo que nos permite sobrevivir y desarrollarnos como individuos únicos e irrepetibles. La plasticidad cerebral tiene en los primeros años de nuestra existencia una función principalmente madurativa, mientras que al alcanzar la edad adulta predomina la función adaptativa. La primera sucede de forma natural y tiene límites marcados por la edad; la segunda requiere un esfuerzo y está presente toda la vida porque el cerebro es un órgano que nunca está terminado.

En definitiva, el aprendizaje humano se basa en la plasticidad cerebral y sucede desde las primeras horas de vida. Las características biológicas propias de nuestra especie se desarrollan a través del tamiz cultural particular, que proporciona las oportunidades para formarnos y condiciona lo que asimilamos. De esa interacción entre nuestras capacidades individuales y las experiencias que vivimos surge nuestra singularidad, aquello que nos hace

únicos y marca la diferencia incluso entre gemelos idénticos.

PLASTICIDAD CEREBRAL



Figura 3.2. Características de la plasticidad cerebral

Los seres humanos recibimos una doble herencia de nuestros padres: por un lado, genética, y por otro, cultural. Es el soporte que da abrigo a nuestra frágil biología y nos hace seres sociales: un idioma, una historia, una forma de entender el mundo, valores, afecto, estilos nutricionales y educativos... El nivel económico y la formación académica son también parte de esta herencia. Las capacidades individuales determinarán, en parte, la

competencia cultural, y la cultura influirá a su vez en la genética.

Porque los genes se heredan, pero su expresión no es inalterable. El modo en que un niño reciba cuidados y educación modificará su biología e influirá en su neurodesarrollo, y así como puede mejorarlo, también puede causar una patología.

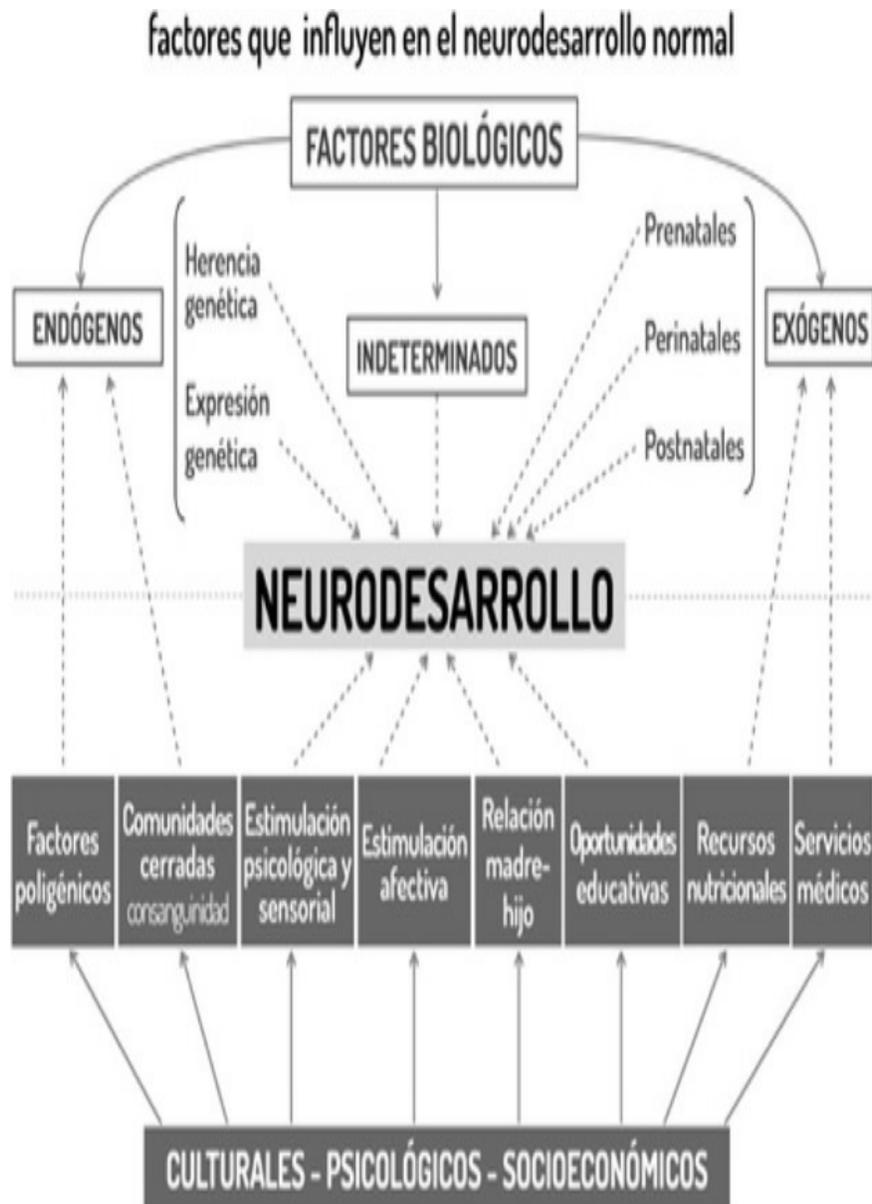


Figura 3.3. Factores que influyen en el neurodesarrollo. Fuente: Modificada de N. Fejerman en el libro Neurología pediátrica.

Cuanto más temprana, intensa y repetida sea una experiencia, mayor será

la posibilidad de que modifique la expresión genética de un individuo. Por esta razón, en las etapas tempranas del desarrollo general y del neurodesarrollo particular son cruciales las experiencias vividas, ya que pueden condicionar de forma irreversible el futuro de una persona.

Pero ¿cuánto de nosotros mismos viene determinado por la genética y cuánto por las oportunidades de la experiencia? ¿Hasta qué punto podemos modificar nuestras capacidades a través de la interacción con el medio?

Puesto que la genética es una ciencia joven, puede parecer que el estudio de su influencia en la conducta humana, el dilema entre ambiente y herencia, es más o menos reciente. Pero en realidad su aparición amplía el enfoque y renueva la terminología de la dicotomía clásica entre determinismo y libre albedrío, añadiendo nuevas nociones a las de la filosofía, la religión, la ética o la psicología para intentar conocer, o bien si podemos controlar y dirigir nuestras acciones, o bien si nuestra conducta es la simple expresión de nuestras características genéticas. En menos de siglo y medio el estudio de esta materia ha evolucionado con rapidez. De la descripción abstracta de los «factores hereditarios» de Mendel (1866) pasamos a concretar la estructura de la molécula de ADN, descrita por Watson y Crick (1953) gracias al extraordinario trabajo de Rosalind Franklin y Maurice Wilkins, y más tarde a la secuenciación completa del genoma humano (2005), clave para discernir los mecanismos genéticos que rigen nuestro organismo y participan en el enfermar humano.

Estos descubrimientos son tan extraordinarios que han cambiado nuestra manera de entender la biología humana, hasta el punto de que parece que todo lo humano se pudiera explicar a través de la genética. Como si todas nuestras preguntas sobre la naturaleza humana tuvieran la respuesta impresa en cada una de nuestras células y genes. Ciertamente es que las técnicas actuales de análisis y modificación genética son una herramienta imprescindible para conocer mejor nuestra humanidad, ya que en gran medida permiten explicar tanto la fisiología de nuestro cuerpo como nuestra conducta. Sin embargo, la genética humana es tan intrincada y sus mecanismos tan desbordantes que estamos lejos de desentrañar el misterio.

El primer impedimento que encontramos es que, con el descubrimiento de la estructura del ADN, y tras haber podido secuenciar los tres mil millones de bases del de nuestra especie, el concepto «gen» se ha desdibujado. Para empezar, nos sorprende que no toda la información de nuestro ADN sirva

para sintetizar las estructuras del cuerpo ni para mantener su funcionamiento. Se calcula que menos del 10% del ADN tiene este cometido, por lo que se denomina «ADN codificante». El 90% restante no codifica información para sintetizar nada, y lo conocemos por «ADN no codificante». Aunque aún estamos estudiando sus funciones, sabemos que en gran medida corresponden a información reguladora que, como los signos de puntuación de un texto, sirve a las moléculas que han de leerlo para saber dónde empieza el texto relevante, cómo deben leerlo y cuándo deben dejar de hacerlo, en qué momento vital han de leer un fragmento concreto...

Para complicarlo aún más, resulta que el significado de una secuencia concreta de ADN depende de la ocupación de la célula que lo contiene, porque, a diferencia de la secuencia de ADN, las moléculas que leen, copian, procesan y transforman en productos la información del ADN, los ácidos ribonucleicos o ARN, no son iguales en todas las células. Así, dependiendo de quién y cómo lea la información de ese ADN, el significado del código varía, y lo que en unas ocasiones significa «empieza a copiar», en otras es «detén la copia» o «sigue leyendo», así que los productos resultantes serán bien distintos a pesar de sintetizarse a partir de la misma información. Además, gracias los trabajos de la premio Nobel Barbara McClintock, sabemos que la secuencia de ADN de un individuo no es inmutable, sino que contiene partes llamadas *transposones* que pueden cambiar su orden y posición para modificar la información global que contiene.

También es difícil de determinar el tipo y la cantidad de genes o secuencias de ADN que participan en la expresión de una característica física o conductual concreta de un individuo. Casi ningún rasgo de una persona está definido por un solo gen. A menudo, es el efecto superpuesto de cientos de genes y su interacción variable con el ambiente lo que determina el color de ojos, la altura, el talento matemático o la inteligencia. Llamamos *poligenia* a la participación de varios genes en la expresión de un rasgo personal, mientras que *pleiotropía* es la expresión de un mismo gen en distintas propiedades individuales.

Por otra parte, parece lógico pensar, y por ahora todas las pruebas científicas apuntan a ello, que el desarrollo de un individuo queda definido por el conjunto de los efectos superpuestos y coordinados de la información contenida en el ADN, codificante y no codificante. Es decir, que el genoma actúa como un todo, por lo que el cambio de una de sus partes tendrá

repercusiones en el conjunto total de su expresión, aunque podemos intuir que una anomalía en el ADN codificante no tendrá las mismas consecuencias que otra del ADN no codificante.

Y por si esto fuera poco, estamos lejos de saber y comprender cuáles son los pasos y cómo se producen los procesos intermedios necesarios que van desde la información contenida en una secuencia de ADN hasta su expresión en forma de rasgo físico o conducta.

Así que debemos ser muy cautos antes de depositar tantas expectativas en la genética. Conviene ser conscientes de lo que sabemos y reflexionar sobre lo que desconocemos para evitar que los hallazgos genéticos nos deslumbren y conduzcan a conclusiones precipitadas. Las técnicas genéticas están muy avanzadas, pues no solo conocemos la secuencia completa del genoma humano y podemos aislar partes de ella, sino que también sabemos cómo modificar el ADN. Sin embargo, aún estamos empezando a comprender los enrevesados mecanismos que convierten la información genética en un producto celular concreto, por lo que modificaciones que podrían parecer una buena idea para evitar una enfermedad pueden tener otras consecuencias inesperadas por desconocidas.

Debemos tener especial cautela con el uso indebido de estas técnicas y acotar con claridad los límites éticos de sus aplicaciones para evitar que se conviertan en un arma de discriminación social y racial con fines eugenésicos⁴, es decir, que excluyan de lo humano a aquellos individuos que no cumplan los estándares establecidos arbitrariamente por otros. Esta tentación eugenésica, que ha sucedido y sigue sucediendo, es el origen de los mayores horrores de nuestra historia. Episodios que se repiten desde la Antigüedad, como los espartanos precipitando desde lo alto del monte Taigeto a los recién nacidos con defectos físicos, o demasiado débiles a su parecer, hasta los genocidios del siglo xx cometidos contra armenios (Turquía), judíos y gitanos (Alemania nazi) y hutus (Ruanda), así como tantas otras atrocidades perpetradas por quienes se arrojan el poder de «catalogar» a los seres humanos.

Puede parecer que los científicos se alejan de este tipo de conclusiones precipitadas, pero sorprende y desagrada la polémica que desataron las declaraciones de James Watson, galardonado con el premio Nobel junto a Francis Crick por describir la estructura molecular del ADN, en una

entrevista concedida a la revista *The Sunday Times* (14.10.2007):

Soy pesimista respecto al futuro de África porque todas nuestras políticas sociales están basadas en el hecho de que su inteligencia es la misma que la nuestra, cuando todas las pruebas demuestran que no es así. Existe un deseo natural de que todos los seres humanos deben ser iguales, pero la gente que tiene que tratar con empleados negros sabe que eso no es así.

Ante el escándalo que supusieron sus palabras, Watson pidió disculpas días después y trató de explicarse añadiendo:

Siempre he defendido ferozmente la postura de que debemos basar nuestra visión del mundo en el estado de nuestro conocimiento, en los hechos, y no en lo que nos gustaría que ocurriera. Por eso la genética es tan importante. Porque nos llevará a respuestas para muchas de las mayores y más complicadas cuestiones que han preocupado a la gente durante cientos (...) de años. Pero muchas de esas respuestas no son fáciles, puesto que (...) la genética puede ser cruel.

No entendemos la forma en la que los diferentes ambientes del mundo han seleccionado a lo largo del tiempo los genes que determinarán nuestra capacidad para hacer distintas cosas. El abrumador deseo de la sociedad de hoy es asumir que las mismas capacidades de raciocinio son una herencia universal de la humanidad. Podría ser. Pero simplemente quererlo no basta. Eso no es ciencia.

Disculpas torpes en las que Watson insiste en sugerir nexos inexistentes entre raza y coeficiente de inteligencia, obviando los efectos de las circunstancias personales y sociales, defendiendo un determinismo genético que puede llevar a peligrosas derivas ideológicas. A sus setenta y nueve años tuvo que renunciar a su trabajo, una edad razonable para jubilarse aunque la forma fuese tristemente inapropiada para un distinguido premio Nobel. Sus afirmaciones dan más importancia a la herencia genética que a las oportunidades culturales en el desarrollo de rasgos personales como la capacidad intelectual. Pero ¿es una afirmación cierta?

¿Cómo serías si te hubieras criado en otro sitio? Con tu dotación genética idéntica, pero en circunstancias diferentes, ¿seguirías siendo tú? Es posible

que alguna vez hayas hecho el ejercicio de imaginarte creciendo en otra cultura. Si no, puedes hacerlo ahora. ¿Y si tus padres hubieran emigrado a otro país? ¿Y si te hubieras criado en el campo en lugar de en la ciudad? ¿O en una metrópolis en vez de una capital de provincia? ¿Y si no hubieses tenido plaza en tu colegio, sino en otro, o si hubieras tenido que repetir curso por haber enfermado a los siete años? ¿Cuánto de ti perduraría?, ¿en qué proporción eres «inmutable»?

Reconozcamos que la idea de ser otro no es original, pues está presente en la literatura occidental desde sus comienzos. Por un lado, tenemos la figura del doble, del sosias, que debe su nombre al personaje de Plauto, un esclavo cuya apariencia toma el dios Mercurio para ocupar su lugar en la comedia *Anfitrión*. El sosias busca confundir pareciéndose lo más posible al personaje suplantado, un recurso para el enredo, la comedia, la intriga y el drama usado también por Molière en su versión de *Anfitrión*, Shakespeare en *La comedia de las equivocaciones* y, más próximos a nosotros en el tiempo, Anthony Hope Hawkins en *El prisionero de Zenda* o José Saramago en *El hombre duplicado*. Por otro lado, estaría la figura del *alter ego*, con la que los autores exploran el diferente comportamiento de su personaje según las circunstancias a las que se ve sometido. Robert Louis Stevenson en *El Dr. Jekyll y Mr. Hyde*, Fiodor Dostoievski en *El doble*, Ítalo Calvino en *El vizconde demediado* y, en cierto modo, Julio Cortázar en *Rayuela* proponen la exploración psicológica del ser humano a través del «desdoblamiento» de su personalidad. En ciencia, la exploración de cómo el entorno influye en la genética, o viceversa, se intenta con el estudio de hermanos gemelos idénticos, es decir, dos personas con el ADN clónico.

Una de cada trescientas treinta personas en el mundo tiene un doble perfecto, un hermano gemelo con su misma dotación genética. Mientras escribo esto, en el mundo vivimos 7 547 245 070 personas, así que unas 22 870 439 estarán genéticamente duplicadas. Esta duplicidad sucede varias horas o días después de la concepción, cuando las células resultantes de las primeras divisiones del cigoto pierden la unión entre ellas y se separan unas de otras para formar dos conjuntos distintos, aunque con la misma dotación genética. Cada uno de estos conjuntos celulares continuará su división y diferenciación avanzando hacia las siguientes etapas de desarrollo intrauterino hasta formar a dos personas distintas pero genéticamente iguales. Desconocemos por qué y cómo se produce este fenómeno de escisión, tan

diferente del de los gemelos fraternos, cuya casualidad es más frecuente y se produce por la fecundación simultánea de dos óvulos por dos espermatozoides distintos.

Francis Galton era primo de Charles Darwin y estaba muy influido por sus teorías sobre la evolución. Fue el primero en preguntarse hasta qué punto la herencia genética tiene efecto en la conducta humana y quiso averiguar cuánto de las cualidades humanas era innato, o *nature*, y cuánto era fruto de la crianza, o *nurture*. A través de datos biográficos y genealógicos, estudió las características mentales y los rasgos antropométricos, desde la altura hasta la forma de la cara o los patrones de huellas dactilares, e ideó el uso de encuestas y nuevas pruebas para medir las cualidades psíquicas. La recogida de datos a gran escala necesitaba de un tratamiento matemático, y esto lo llevó a contar con la ayuda del matemático Karl Pearson y a fundar la bioestadística. Desarrolló los conceptos estadísticos de la distribución normal, la regresión a la media y la correlación, que siguen usándose hoy en día. Primero estudió las familias extensas de los jueces de Inglaterra desde 1660 a 1865. Eligió a los jueces por considerar que eran personas talentosas de capacidades excelentes, y halló que cuanto más lejano era el parentesco con el juez, menor era la probabilidad de encontrar otra persona destacable entre sus familiares. Publicó estos resultados en 1869 en el libro *El genio hereditario: los jueces de Inglaterra entre 1660 y 1865*. Pero observó las limitaciones que este método tenía para sus objetivos y entonces se le ocurrió que estudiar el desarrollo de los hermanos gemelos era una mejor forma de abordar el problema. Intentó averiguar si los gemelos similares al nacer se comportaban de forma distinta al criarse en circunstancias diferentes y si los gemelos que no se parecían acababan asemejándose si se criaban en contextos similares. A través de estos estudios, publicados en 1875 en el artículo «La historia de los gemelos, como criterio de las fuerzas relativas de la naturaleza y la crianza», concluyó que el peso de lo innato tenía más fuerza que lo cultural en la conducta humana. Acuñó entonces el término *eugenesis*, que significa ‘buena génesis’, con el fin de incentivar la procreación de los individuos más capaces y mejorar así la raza humana mediante selección artificial.

También utilizó estudios de gemelos el dermatólogo alemán Hermann Werner Siemens, quien distinguió por primera vez entre gemelos idénticos y fraternos. Al igual que Galton, concluyó que la naturaleza era más importante

que la crianza, lo que sirvió a Hitler como argumento para su horrible política de «higiene racial» con el fin de obtener una «raza superior».

Hay pocos estudios de gemelos idénticos que crecieron separados. A priori, parecería que sus conclusiones son lo bastante reveladoras como para subrayar lo importante que es medir la influencia del ambiente, pero la baja frecuencia de estos casos y los inevitables sesgos de que adolecen son algunas de las causas que dificultan llegar a conclusiones extrapolables a toda la población. En estos estudios se introducen errores sistemáticos en la selección de la muestra que resultan muy difíciles de corregir. Por ejemplo, si se escogen gemelos separados por una adopción, el error está en que ni los padres biológicos ni los padres adoptivos son representativos de la paternidad típica. Otro claro ejemplo de sesgo de selección inevitable es la obligada voluntariedad de los gemelos participantes. A pesar de ello, los estudios de gemelos continúan hasta nuestros días. En febrero de 2015, la revista *Nature Genetics* publicó los resultados de un análisis exhaustivo de todos los estudios publicados en la literatura en los últimos cincuenta años. Este metaanálisis incluía datos de 2748 publicaciones que, en suma, estudiaban 17 804 rasgos de 14 558 903 pares de gemelos. Los resultados apuntan a que el desarrollo de un rasgo específico, patológico o no, está influido a partes iguales por la genética y por el ambiente. Pero no responde a la cuestión de cómo el hábitat modifica la expresión de estos genes, de cómo se desarrolla el perfil epigenético.

En definitiva, y ateniéndonos a los datos científicos más recientes, podemos afirmar que mientras algunos rasgos distintivos de nuestra personalidad tienen una clara influencia genética, en otros el peso de la educación y las condiciones ambientales es mucho mayor.

Cada uno de nosotros somos el fruto de una evolución biológica de cientos de miles de años de duración, el resultado oportuno para vivir en el lugar y momento que nos corresponde. A su vez, nuestro desarrollo personal contribuye al de nuestra sociedad, cultura y especie. Pero los humanos no somos perfectos, ni avanzamos siempre hacia el progreso, como demuestra por un lado la Historia de la humanidad, llena de altibajos y fiel reflejo de nuestra idiosincrasia, y por otro lado el sentido común y la prudencia, ya que una persona perfectamente adaptada a un medio natural y cultural concreto no tiene las mismas probabilidades de éxito y supervivencia si de pronto la trasladamos a vivir a otro lugar sin darle tiempo para acomodarse. Porque

nuestra evolución, personal y como especie, no significa siempre un progreso, sino que es simplemente hacia adelante. Nuestra historia personal nos marca como individuos y como seres sociales, como hijos de nuestros padres y como ciudadanos de un momento y lugar. De nosotros depende mejorar o empeorar, como individuos y como sociedad.

Nota

4. La eugenesia es una filosofía social que surge en el siglo xix a raíz de las teorías de Darwin, con el objeto de mejorar la especie humana mediante la selección artificial de los individuos. No se trata de aplicar tratamientos genéticos para evitar una enfermedad, sino de escoger los rasgos que interesan discriminando a los individuos que no los poseen.

Capítulo 4:

Características del neurodesarrollo

Los ochenta y seis mil millones de neuronas que conforman el cerebro humano adulto y los novecientos billones de conexiones que generan exigen una organización precisa y delicada. Esta se va fraguando a lo largo de los primeros años de nuestra vida, para constituirse en circuitos de sistemas eficientes que permitan percibir, procesar, recordar y responder a los cambios que se producen a nuestro alrededor.

Los circuitos neuronales son grupos de neuronas que, bien organizadas y con su actividad sincronizada, albergan la información que permite ejecutar una tarea concreta. Son, pues, regiones o zonas de tejido nervioso especializadas en realizar una acción. Pueden estar formadas por neuronas próximas entre sí o muy alejadas unas de otras e implicar pequeñas zonas de la corteza cerebral o extenderse para abarcar grandes porciones del cerebro e incluso conectar con los otros órganos encefálicos: el cerebelo y el tronco del encéfalo. Cuanto más difícil sea una acción, más circuitos estarán implicados y mayor será la coordinación exigida entre ellos.

Tanta complejidad abrumba y tienta a desistir de comprenderla. Pero es uno de los principales objetivos de la neurociencia actual: averiguar la forma en que están conectadas las neuronas, cómo circulan sus señales a través de las redes y cómo estas señales se acoplan para realizar un movimiento, tomar decisiones o expresar emociones y generar conciencia. El cerebro del gusano nemátodo *Caenorhabditis elegans* tiene solo trescientas dos neuronas, pero aun así llevó muchos años completar el mapa de cada una de sus conexiones

neuronales, que fue publicado en 1986. Y, tras años y años de dedicación, aún no se ha conseguido describir por completo el *conectoma* o mapa de las conexiones neuronales, que forman las quince mil neuronas del cerebro de la mosca *Drosophila*. Esto nos da una idea de lo lejos que estamos de conocer dónde están, cuántos son y cómo, cuándo y cuánto se conectan entre sí los circuitos del cerebro humano. El sistema nervioso en su conjunto guarda todavía muchos secretos que muy poco a poco intentamos desentrañar.

El pionero y padre indiscutible de la neurociencia fue don Santiago Ramón y Cajal. Con su *doctrina de la neurona* revolucionó el paradigma del saber científico de su época, algo que la historia reserva solo a los genios. A finales del siglo xix, cuando Ramón y Cajal postuló su teoría, ya se sabía que la célula es la unidad básica de organización de la vida y que todo en los seres vivos está formado por células, pero el tejido nervioso se resistía a cumplir esta ley. Solo se disponía del microscopio óptico para el estudio de los tejidos y con las técnicas de entonces el tejido nervioso se percibía como un entramado difuso que, sin solución de continuidad, parecía formar una red. Ramón y Cajal modificó la tinción con nitrato de plata, ideada por el italiano Camillo Golgi, para observar el tejido nervioso. Así pudo demostrar con nitidez no solo que estaba formado por un conglomerado de células independientes, sino que cumplía por tanto la ley general para todos los tejidos vivos, con lo cual se resolvía el misterio que rodeaba a su estructura. Con enorme pericia, detalló la anatomía singular de la célula nerviosa y describió la neurona como una célula polarizada, de cuyo cuerpo celular salen dos tipos de ramificaciones: por un lado, las dendritas, que son múltiples, y por el lado opuesto, el axón, que es único. Esto le permitió intuir y postular la *ley de polarización dinámica*, determinando que la dirección del impulso nervioso va desde las dendritas hacia el cuerpo celular, que procesa y modifica la información para transmitirla a través del axón hacia las dendritas de la siguiente neurona.

La enorme importancia de estos descubrimientos le fue reconocida con el premio Nobel de Medicina en 1906, que compartió con Golgi, el inventor de la tinción que permitía ver neuronas al microscopio y que, paradójicamente, era un acérrimo defensor de la teoría reticular⁵ que Ramón y Cajal había desmontado.

Si estudiar el cerebro adulto resulta complicado, intentar desentrañar su

neurodesarrollo puede ser aún más difícil, ya que durante la infancia y adolescencia la génesis y modificación de los circuitos cerebrales es continua, como bien se observa en la evolución de las capacidades y conductas de niños y púberes. Para facilitar la descripción y el estudio de este intrincado proceso, podemos empezar por fijarnos en tres de sus características fundamentales: el neurodesarrollo es secuencial, depende de que se ejerciten las habilidades adquiridas y avanza aprovechando el momento propicio de madurez cerebral para adquirir una determinada facultad.

Empecemos por la característica más evidente: que el neurodesarrollo es secuencial, es decir, una sucesión ordenada y continua en la que van apareciendo nuevas aptitudes.

Alcanzar la madurez cerebral que posibilita la autonomía propia de la edad adulta nos lleva unos veinte años. Desde la concepción, y a lo largo de los años de infancia y adolescencia, vamos desarrollando las competencias contenidas en el programa de nuestro ADN. Se manifiestan progresivamente a medida que el sistema nervioso crece y se capacita al adquirir nuevas facultades y experiencias. Como la secuencia en la que aparecen estas destrezas y las edades a las que suceden son bastante constantes en todas las culturas, es muy plausible que se den dos posibilidades. Por un lado, que este patrón compartido por todos los humanos esté guiado por la información genética, que indicaría cuándo y cómo deben ir formándose los circuitos que albergan lo aprendido. Y por otro, que las diferencias individuales que observamos respecto al modelo común sean el resultado de la intrincada interacción entre herencia y ambiente que subyace tras los hitos que observamos a medida que avanza el neurodesarrollo.

El neurodesarrollo no es lineal ni evidente. Por el contrario, es un proceso que evoluciona sin cesar, con momentos en los que parece avanzar a gran velocidad, mostrando profundos cambios en las capacidades y en la conducta, y otros en los que se muestra lento e incluso con un cierto retroceso en determinadas destrezas.

Hay, además, un paralelismo entre la velocidad a la que se produce el crecimiento corporal y los avances más llamativos que se observan durante el neurodesarrollo. En ambos se aprecian dos momentos en los que los cambios ocurren con gran rapidez: los primeros tres años de vida y la adolescencia, separados por un periodo de crecimiento y desarrollo más pausado. Esto no sorprende porque, al fin y al cabo, el crecimiento físico y el desarrollo mental

son dos facetas de un mismo fenómeno: el desarrollo del ser humano, que define la infancia y la adolescencia. Aunque aquí hablemos solo del neurodesarrollo, no debemos olvidar que es parte del proceso global de la evolución de la persona.

Si bien la adquisición de nuevas aptitudes es secuencial, su desarrollo es simultáneo. Lo que sucede es que se van apoyando unas en otras y el ritmo al que se completan es distinto. Es decir, que para adquirir unas competencias es necesario haber concluido antes el desarrollo de otras, pero en realidad todas empiezan a desarrollarse al mismo tiempo. Por ejemplo, caminar exige haber controlado antes la postura y el equilibrio, el habla precisa coordinar la respiración con los movimientos de la boca y la garganta, y manipular con precisión supone acoplar la vista al movimiento. Puede parecer que primero aprendemos a caminar, luego a hablar y por fin a valernos de utensilios, pero en realidad todo sucede al mismo tiempo y de forma íntimamente relacionada mientras el sistema nervioso aumenta su tamaño.

Como nada sucede al azar en el neurodesarrollo, el crecimiento y la organización cerebral avanzan siguiendo el patrón de estructura jerárquica que caracteriza al sistema nervioso y que ya vimos en el primer capítulo. Según este orden prescrito, primero proliferan los circuitos neuronales más simples, encargados de los procesos de regulación corporal, que se quedan en las áreas más profundas del cerebro. Sobre ellos se superponen los que albergan las facultades conscientes, que ocuparán así áreas más extensas y superficiales de la corteza. Todos ellos van a estar relacionados entre sí para que el cerebro pueda llevar a cabo con eficacia su misión principal, la integradora. Aunque cada función está en distintos estadios madurativos, influye en el desarrollo de las demás y el de las demás en ella.

La secuencia que observamos en los avances del neurodesarrollo es reflejo de este crecimiento y de la organización jerárquica del cerebro. Primero se completan las competencias reguladoras del cerebro y después las motoras, se sigue con el desarrollo de las emociones y, por fin, con los talentos más racionales.

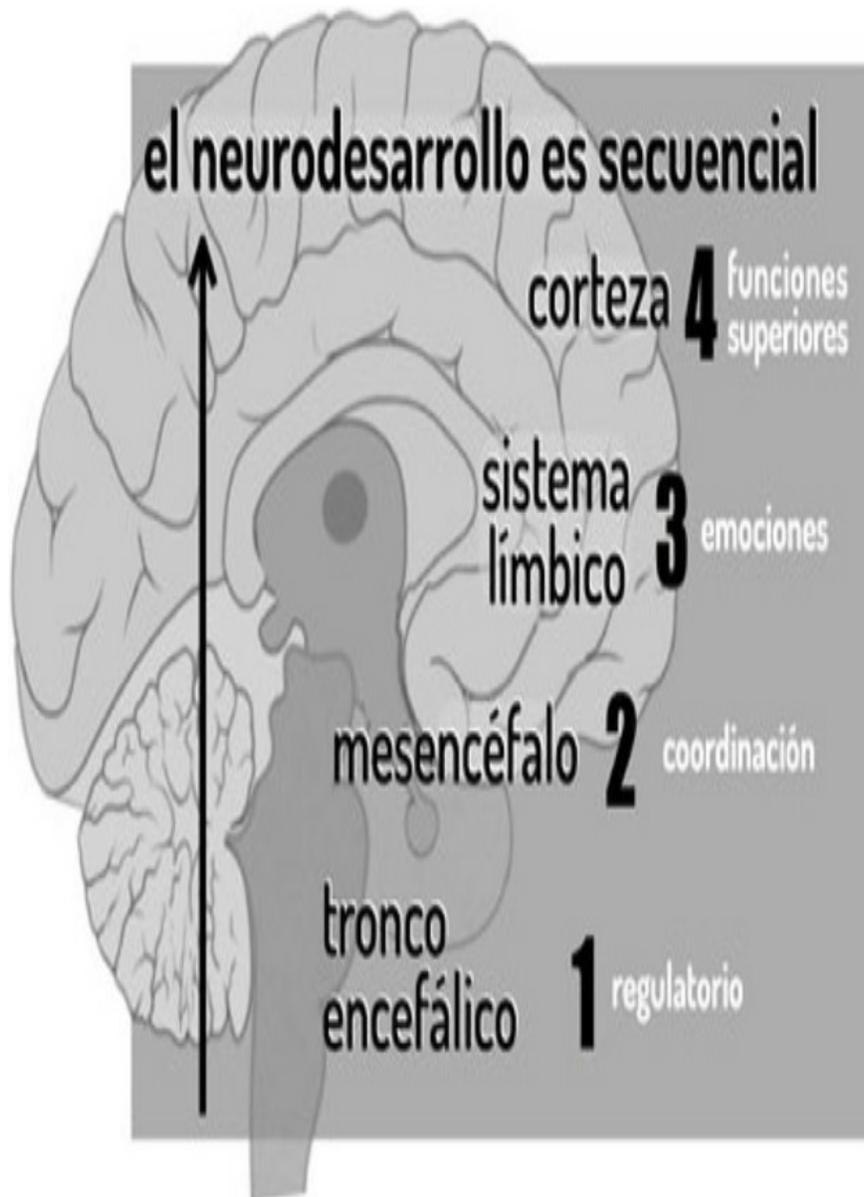


Figura 4.1. Las partes más profundas del cerebro completan antes su neurodesarrollo

Vuelvo a recordar aquí que los circuitos neuronales de los que dependen nuestras facultades y que conforman la arquitectura cerebral se estructuran gracias a la constante interacción del sistema nervioso con el medio. Los estímulos y las nuevas experiencias durante la infancia son la oportunidad para construir esos circuitos, contenidos en el programa de nuestro genoma, y desarrollar sus potencialidades. Pero para que estos nuevos circuitos se consoliden y sean eficaces es necesario que se refuerce la actividad neuronal a través de la repetición y la práctica. Por eso decimos que el neurodesarrollo

depende del ejercicio de las habilidades adquiridas, que es la segunda característica fundamental a la que hacía referencia al principio.

Tanto durante la vida intrauterina como en los primeros años de vida, la actividad neuronal es frenética. A gran velocidad, las neuronas y células que las sustentan crean un entramado de múltiples conexiones, y para ello sus ramificaciones aumentan en número y crecen hasta contactar con sus vecinas. Se calcula que en el cerebro adulto cada neurona establece conexiones o sinapsis con otras diez mil neuronas. La sinapsis se produce por la transmisión de señales químicas de una neurona a otra que desencadena un impulso eléctrico hasta la siguiente sinapsis. Esta última, a enorme velocidad y mediante enrevesados mecanismos que implican además a otras células, libera o no su señal química correspondiente, que permite que siga transmitiéndose el impulso eléctrico. La sinapsis de nueva génesis es débil y vulnerable, por lo que hay altas probabilidades de que se rompa y desaparezca. Cuanto más se use una conexión, más reforzada estará la unión entre las neuronas que la forman. El continuo flujo de corriente de las señales electro-químicas de la sinapsis actúa como el asfalto de una carretera, facilitando el paso y la fluidez del tráfico. Por tanto, las conexiones más usadas se hacen cada vez más gruesas y robustas, se estabilizan y serán más difíciles de modificar. En cambio, las inutilizadas no tendrán actividad que refuerce la unión neuronal y, con el tiempo, desaparecerán.

Los entornos ricos en estímulos favorecen la formación de nuevos circuitos porque ofrecen muchas oportunidades educativas. Si además están ordenados y bien estructurados, son propicios para que el uso de esos nuevos circuitos culmine en su consolidación. Resulta ideal un espacio bien dispuesto que facilita el entrenamiento presentando tareas bien organizadas, con un patrón previsible y repetidas a menudo. La práctica de esas ocupaciones genera una actividad neuronal constante que se hace cada vez más eficiente y permite una ejecución más rápida y de mayor calidad. De este modo, las nuevas destrezas modifican la estructura cerebral previa. Por el contrario, si el medio ofrece pocos estímulos o las experiencias tienen resultados imprevisibles y cambiantes, si predomina el caos sobre la constancia, la oportunidad de desarrollar y consolidar circuitos cerebrales sanos y eficaces disminuye. En este sentido, poner límites a la conducta y establecer rutinas de tiempo y espacio mejora la eficacia de la plasticidad neuronal.

Es así como adquirimos y fortalecemos los conocimientos, a base de

repetir patrones entrenados por la experiencia. Pero es así también como olvidamos, porque abandonar la práctica de una tarea conduce a la pérdida de eficacia de los circuitos en que está instalada.

Una vez más, fue Ramón y Cajal el primero en explicar cómo la repetición de una actividad cambia la estructura del tejido nervioso y permite aprender. En 1894 ya explicó que el número y la fuerza con que se formaban las conexiones neuronales era la base física del aprendizaje, describiendo así el fenómeno de la plasticidad neuronal:

[...] el ejercicio mental suscita en las regiones cerebrales más solicitadas un mayor desarrollo del aparato protoplásmico (dendrítico) y del sistema de colaterales nerviosas. De esta suerte las asociaciones ya establecidas entre ciertos grupos de células se vigorizarían notablemente por medio de la multiplicación de las ramitas terminales de los apéndices protoplásmicos y de las colaterales nerviosas; pero, además, gracias a la neoformación de colaterales y de expansiones protoplásmicas, podrían establecerse conexiones intercelulares completamente nuevas.

Probablemente las aptitudes que más llaman la atención son las que surgen en los tres primeros años de vida, cuando de forma progresiva se desarrollan las facultades que permiten pasar de la indefensión total del recién nacido a la autonomía física del párvulo. Pues bien, la aparición de estas nuevas capacitaciones debe suceder necesariamente en un espacio de tiempo concreto, aquel durante el cual el cerebro está mejor preparado y dispuesto para adquirir una competencia determinada. Este lapso conocido como *ventana de oportunidad* o *período crítico*, en referencia a que su condición es pasajera, supone la tercera característica fundamental del neurodesarrollo.

Es en estos primeros tres años cuando, de manera continua y a velocidad asombrosa, aparecen nuevas sinapsis que permiten la formación de los circuitos neuronales y provocan el crecimiento del cerebro. Cada uno de estos nuevos circuitos albergará un cometido específico que solo se desarrolla si recibe el estímulo externo propicio para el que se está capacitando. En otras palabras, sin la estimulación adecuada el circuito no prospera, pero si aún no ha aparecido el circuito, el estímulo no tiene neuronas diana que excitar. El momento en que se crea un nuevo circuito es perfecto para que asimile la función que sustentará. Si pasa ese momento, las oportunidades de aprender

no tendrán la misma efectividad, porque el circuito que idealmente se había formado a partir del programa genético no se ha usado, no ha tenido la oportunidad de estabilizarse, y entonces se atrofia, se pierde. Pero como el neurodesarrollo no se detiene y sigue generando otros circuitos, estos ocuparán el lugar del atrofiado, aunque serán menos eficaces si su puesta en marcha depende de la consolidación previa del circuito que se había perdido.

Pongamos como ejemplo el desarrollo de la visión binocular. Durante el embarazo, el feto no recibe ninguna estimulación lumínica, por lo que su corteza visual no se ha desarrollado. Al nacer, ambos ojos reciben la luz por igual, y esto hace que se vayan formando los circuitos que sustentarán la visión. El desarrollo completo de la vía óptica termina hacia los cinco años de edad. Si uno de los ojos no recibe el estímulo luminoso adecuado, por ejemplo debido a una catarata, no activará la corteza visual que le correspondería. Mientras, el ojo sano establecerá conexiones y estimulará no solo las áreas de la corteza visual que le corresponden, sino además las que deberían recibir información del ojo negligente. Si esto no se corrige a tiempo, antes de los cinco años, no se desarrollará adecuadamente la visión binocular. Además, la agudeza visual del ojo impedido no se desarrollará nunca al 100 % e incluso corre el riesgo de perder por completo la vista.

Pero no está todo perdido, ya que la plasticidad cerebral da la posibilidad de adquirir más adelante aquellos conocimientos frustrados, aunque el proceso ya no será tan eficaz, porque se hará con el material disponible en ese momento, no con el ideal diseñado por la genética. Como para hacerlo se utilizan ahora los mecanismos de la plasticidad adaptativa, ya que el momento de la madurativa ha pasado, el esfuerzo requerido será mayor, y para colmo el nuevo circuito no previsto tendrá que abrirse paso entre los circuitos ya consolidados que ocupan el lugar que le corresponde.

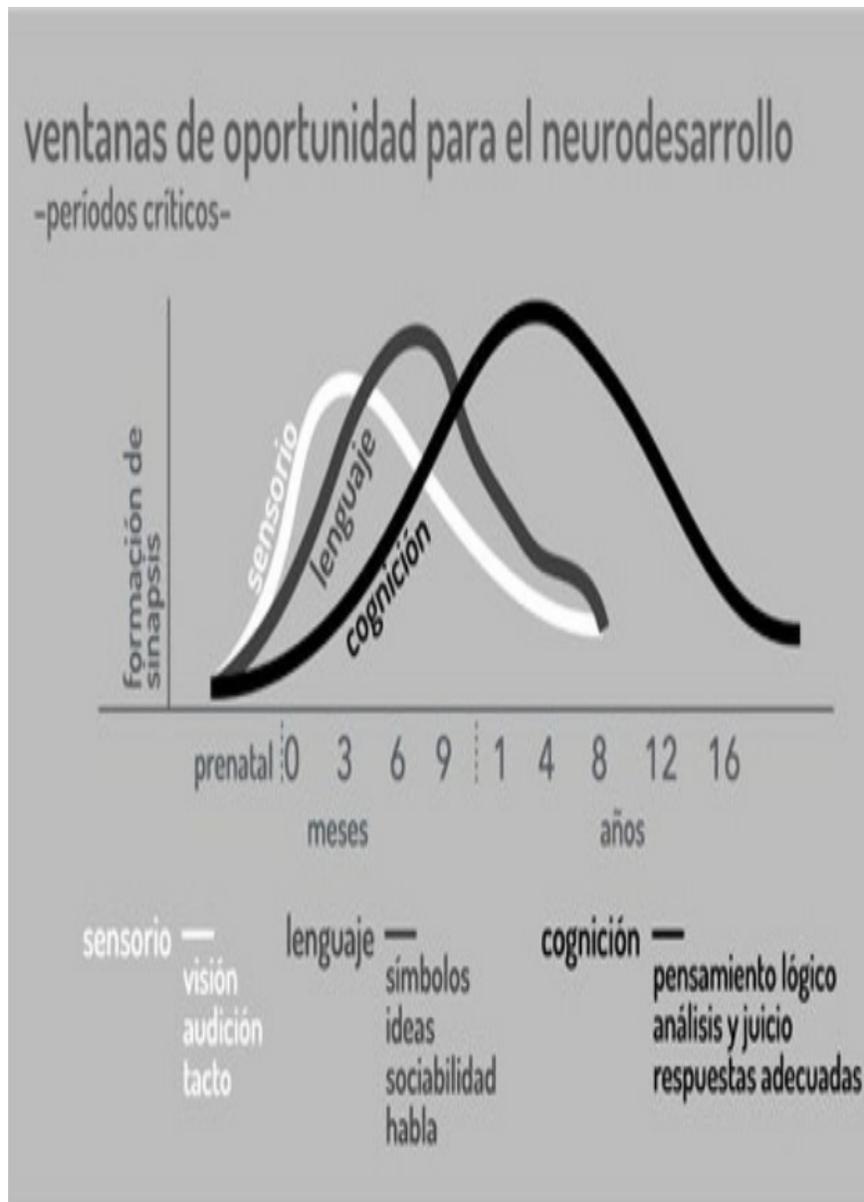


Figura 4.2. Ventanas de oportunidad. Fuente: Gráfico simplificado de: THOMPSON, R.A., NELSON, C.A., «Developmental science and the media: early brain development», American Psychologist, vol. 56, núm. 1, 2001, pp. 5-15.

Debido al carácter secuencial del neurodesarrollo, las primeras ventanas que se cierran son las de las regiones cerebrales, situadas en áreas más profundas o primarias del cerebro, y las últimas en cerrarse son las más externas, con mayor recorrido e interconexión con las demás áreas cerebrales. Por eso las vías sensoriales como las de visión y audición básicas son las primeras en desarrollarse, seguidas de las lingüísticas y, por fin, de las funciones cognitivas superiores. Las conexiones proliferan y se perfeccionan

según el orden prescrito. De este modo, los circuitos cerebrales más sofisticados son más tardíos y se construyen sobre circuitos anteriores más simples.

Todos estos cambios en la estructura cerebral, en el crecimiento y en el desarrollo del cerebro, se pueden apreciar a simple vista, aunque de forma indirecta, usando la medida del perímetro craneal, porque el crecimiento del cráneo refleja el «crecimiento» de nuestra capacitación.

En efecto, el aumento del volumen cerebral se debe al incremento del número de conexiones entre neuronas y a su posterior engrosamiento, propiciado por el uso continuado de los circuitos que forman. El cerebro, junto al cerebelo y el tronco del encéfalo, está contenido y protegido por el cráneo. A medida que crecen los órganos intracraneales, ejercen presión sobre el cráneo y empujan su crecimiento.

El cráneo humano se compone de seis huesos: uno frontal, dos parietales, dos temporales y uno occipital, unidos entre sí mediante articulaciones fijas llamadas *suturas*, formadas por elásticas y fuertes fibras de unión o tejido conjuntivo. Es decir, son articulaciones que unen con fuerza los huesos y, aunque no son móviles, facilitan que el cráneo tenga cierto grado de elasticidad. En el feto y el recién nacido, las suturas son más anchas y flexibles, de manera que permiten la superposición de unos huesos sobre otros para facilitar el paso de la cabeza por el canal del parto, a la vez que se protege con eficacia el cerebro de las altas presiones que soporta en esos instantes. La flexibilidad de las suturas persiste durante toda la niñez, para permitir el crecimiento del cerebro y facilitar el del hueso. Después, se fusionan de manera progresiva como parte del crecimiento normal.

Así pues, medir la circunferencia craneal nos da una idea indirecta del ritmo al que aumenta el volumen del cerebro. Y para que tenga valor debe hacerse siempre tomando en consideración el contexto clínico del niño, es decir, su historia previa y sus características físicas, y asegurándonos de que la medida es cuidadosa y correcta. Como el cráneo es un esferoide, se toma como medida perimetral la de su diámetro ecuatorial, que corresponde a la distancia máxima entre la frente y la nuca.

Desde el nacimiento hasta la edad adulta, el perímetro craneal aumenta más de veinte centímetros, a un ritmo de crecimiento que varía con la edad y que alcanza su máxima velocidad en los primeros tres años de vida, para ralentizarse después. Este patrón de crecimiento de la cabeza difiere respecto

al resto del cuerpo, lo que hace que el aspecto y las proporciones de la persona cambien con la edad.

La cuestión de las proporciones humanas ocupa tanto a los anatomistas como a los artistas y obedece a razones científicas, pero también antropológicas, estéticas o religiosas. Pensemos por ejemplo en las esculturas o los bajorrelieves egipcios y en las diferentes proporciones que adoptaba la figura humana según representara al faraón o a sus súbditos. Los egipcios utilizaban un sistema de módulos o cuadrículas muy preciso para distribuir la posición de las distintas partes del cuerpo, pero tenía el inconveniente de que daba a la figura humana el aspecto hierático que todos conocemos. Fueron los griegos los primeros en conseguir representar con enorme naturalidad el cuerpo humano. Preocupados filosóficamente por el estudio de la belleza, tomaron la cabeza como unidad de medida y establecieron que el canon corporal ideal contenía ocho cabezas. En el siglo i, el arquitecto romano Vitruvio mantuvo esta medida como la ideal para representar un cuerpo humano de varón adulto. Por otro lado, añadió como referencias geométricas un círculo inscrito en un cuadrado que tiene como centro el ombligo, canon que fue plasmado por Leonardo da Vinci en su famoso dibujo *El hombre de Vitruvio*. Siete cabezas y media guarda la proporción corporal de *El David* de Miguel Ángel. También se interesaron en el estudio de las proporciones humanas otros artistas como Leon Battista Alberti con *De statua*, escrito en 1464, Cennino Cennini con *El libro del arte*, de finales del siglo xv, y Alberto Durero con *Los cuatro libros de la medida*, de 1528. Más cercano a nosotros, el arquitecto suizo del siglo xx Le Corbusier vuelve a tratar el asunto creando *El Modulor*, un sistema de medidas que busca una relación consonante entre la antropometría y la armonía de la naturaleza.

Sin embargo, este canon de las ocho cabezas no se cumple en el bebé ni en el niño. El recién nacido es «cabezón», pues la longitud de su cuerpo es tres veces la de su cabeza. A los tres años, la proporción es de cinco cabezas de altura, luego seis cabezas a los seis años y por fin siete al inicio de la adolescencia.

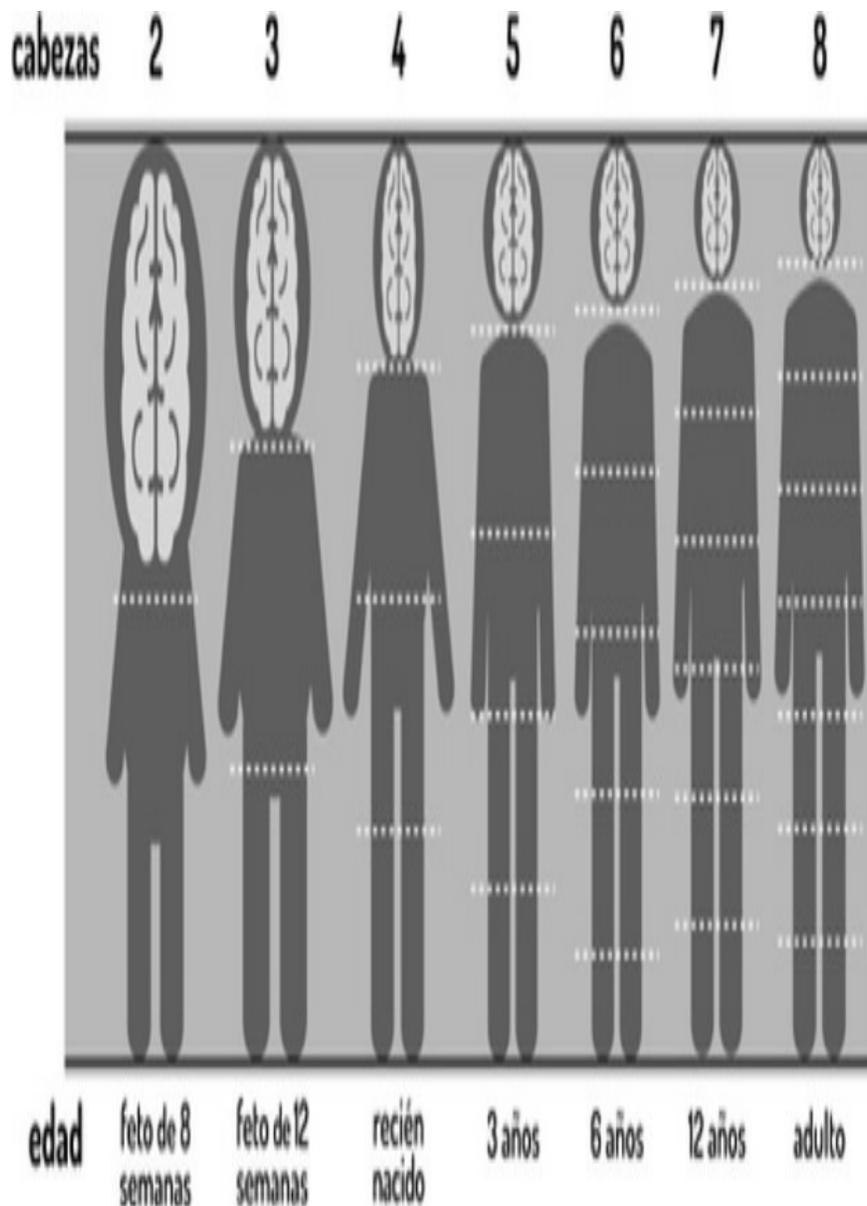


Figura 4.3. Proporciones corporales según la edad

Vista la importancia que tiene medir el cráneo, se entenderá enseguida que no pueda empezar a pasar consulta sin tener a mano la cinta métrica. Para mí es más importante que el fonendoscopio, el diapasón o incluso el martillo de reflejos. A veces me la cuelgo del cuello de la misma manera que otros se cuelgan el fonendoscopio, así que no me extraña que haya quien diga que los neuropediatras parecemos sastres con esta obsesión por medir la cabeza de los niños. Al medir el contorno craneal, busco que esté en los rangos normales para su edad y sexo y que, comparado con sus propias mediciones

previas, siga el ritmo de crecimiento apropiado sin estancarse ni acelerarse en exceso.

Un crecimiento demasiado lento o una cabeza demasiado pequeña pueden ser una señal de que las conexiones cerebrales no se establecen al ritmo adecuado y que, por tanto, algo interfiere en el desarrollo cerebral. Una cabeza más grande de lo esperado o que crece muy rápido puede ser una señal de problemas graves que hacen aumentar el volumen craneal, como puede ser el exceso de líquido cefalorraquídeo o la presencia de un tumor.

Creo que gracias a todas estas características que acabo de explicar podemos comprender mejor cómo se produce el neurodesarrollo. De forma secuencial, modeladas por el uso y en el momento oportuno, van apareciendo en el niño nuevas destrezas que atestiguan cómo avanza su neurodesarrollo, a la vez que se produce un aumento del volumen del cerebro y del cráneo. Aunque es un proceso en constante evolución, no olvidemos que los adelantos en las distintas áreas suceden de manera simultánea. Sin embargo, hay momentos del neurodesarrollo de nuestros pequeños que recordamos con nitidez y señalamos como hitos importantes en el largo camino hacia la edad adulta. Así, en el álbum de recuerdos de nuestro bebé marcamos fechas señaladas como el día que dio sus primeros pasos, las primeras veces que llamó a mamá o cuando por fin dejó de necesitar pañales.

Pues bien, tomando como referencia las facultades que podemos señalar como más relevantes en cada momento del neurodesarrollo, se me ocurre intentar dividirlo en etapas, consecutivas pero bien diferenciadas, que tengan en cuenta también los cambios madurativos que van ocurriendo en la estructura cerebral. Se trata de una división artificial que pretende ser didáctica para facilitar la explicación del proceso y hacerlo más gráfico. Simplificarlo es inevitable, pero he procurado no perder el rigor científico.

De la concepción a la edad adulta podemos designar cuatro etapas principales.

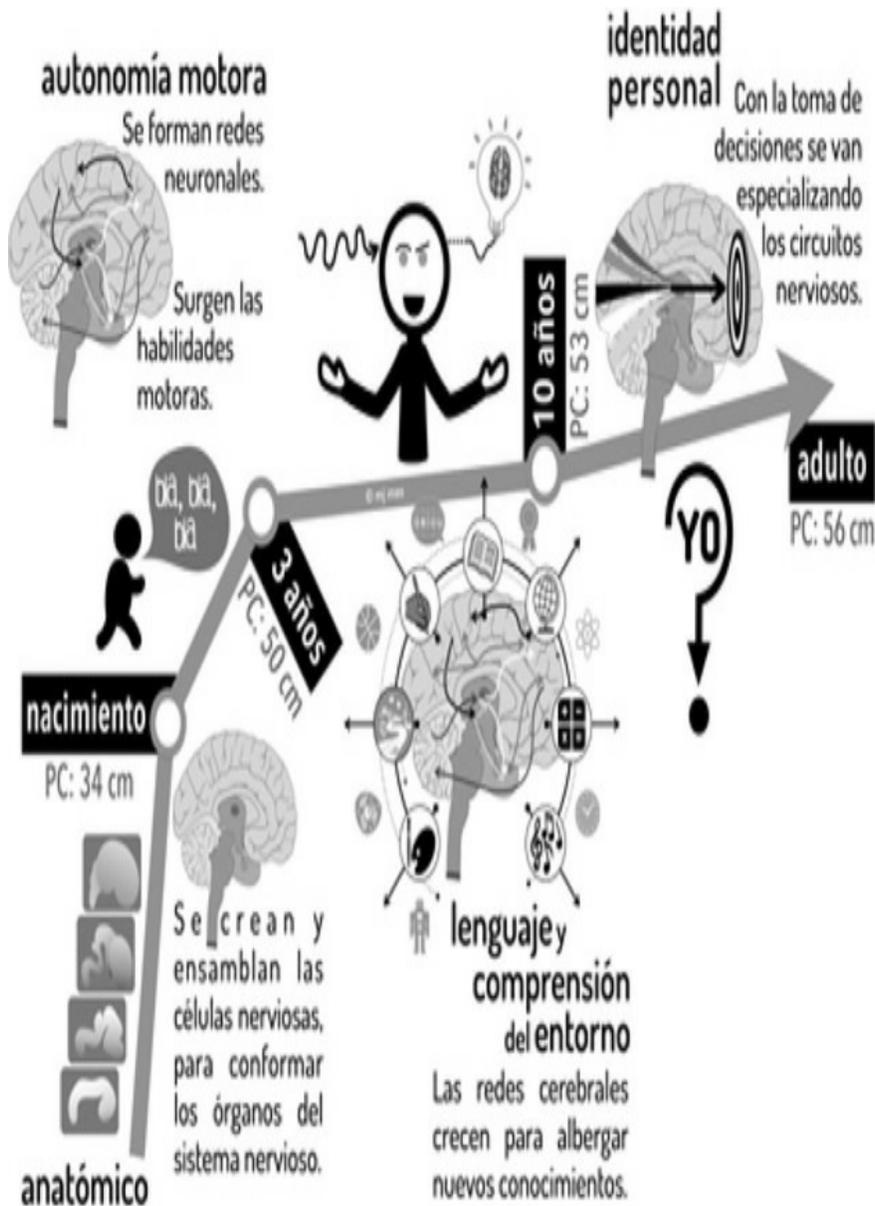


Figura 4.4. Etapas del neurodesarrollo

La primera etapa sería la del neurodesarrollo anatómico, que abarca toda la vida intrauterina. En esos nueve meses del embarazo, el fenómeno más relevante es la creación y ensamblaje de los elementos estructurales —las neuronas y las demás células del tejido nervioso—, que conforman los órganos del sistema nervioso y, al nacer, deben estar a punto para enfrentarse al mundo.

Desde el nacimiento hasta los tres años de edad se producen quizá los cambios más llamativos en cuanto a las competencias del niño, pues deja de

ser un bebé dependiente para adquirir autonomía física. Se crean redes neuronales eficaces para que aparezcan las aptitudes motrices características de esta etapa, que por eso podríamos calificar como la del neurodesarrollo de la autonomía motora.

Entre los tres y los diez años, el niño aprende y comprende su hábitat. Sus redes cerebrales crecen para albergar estos nuevos conocimientos y el dominio cada vez más preciso del lenguaje le permite estructurar sus ideas e interiorizar poco a poco las enseñanzas culturales para entender el mundo y a las personas que lo habitamos. Sería la etapa del neurodesarrollo del lenguaje y del conocimiento del medio.

Por fin, de los diez años a la edad adulta es cuando se aplica en la toma de decisiones con las que se irán especializando los circuitos nerviosos, trazando así los patrones de pensamiento y los gustos que definirán la personalidad única del individuo. Esta es la etapa del neurodesarrollo de la identidad.

No hay que tomarse las edades señaladas para separar una etapa de otra como absolutas. Debemos tener siempre presente que la variación individual es enorme. En un mismo niño, unos circuitos estarán más desarrollados que otros y su estructura se modificará con la práctica, variando a lo largo de la vida —a esto lo llamamos variaciones intrapersonales—. Por otro lado, el grado de desarrollo de un mismo circuito para distintos niños variará dependiendo de cuándo y cuánto lo haya ejercitado —son las llamadas variaciones interpersonales—. Así pues, la velocidad a la que se desarrolla un niño concreto no tiene por qué ser la misma que la de otro. Lo importante es el proceso global.

Una de las razones para observar el neurodesarrollo es comprobar que no hay anomalías ni retrasos que nos hagan sospechar un problema subyacente. Queremos detectar cuanto antes la posible aparición de alteraciones en la formación del entramado de los circuitos que estructuran el cerebro y así actuar enseguida para intentar minimizar las consecuencias. Pero no es posible definir de forma categórica cuándo se produce un retraso. Solo podemos decir que cuanto más se aleje el neurodesarrollo de un niño concreto de este patrón común a todos, más probable será que tenga un problema real. Por desgracia, las alteraciones del neurodesarrollo solo se hacen evidentes cuando las facultades esperadas a una determinada edad no aparecen. Así que determinados trastornos específicos del neurodesarrollo no pueden diagnosticarse hasta que se alcanza la edad en que las carencias que

los caracterizan se manifiestan. Es muy difícil y arriesgado detectarlas con anterioridad.

En los siguientes capítulos explicaremos cada una de estas etapas para poder tener una idea bastante aproximada de cuándo y cómo se alcanzan los principales hitos en el largo camino del neurodesarrollo. Pero el neurodesarrollo no sucede si las potencialidades contenidas en nuestro genoma no tienen la oportunidad de madurar mediante la interacción con las cosas y personas que nos rodean. El contexto es fundamental y son nuestros progenitores sus principales mediadores.

«Medir la circunferencia craneal nos da una idea indirecta del ritmo al que aumenta el volumen del cerebro».

Nota

5. Esta teoría, postulada por Golgi y basada en sus observaciones al microscopio, defendía que el sistema nervioso estaba formado por fibras que se organizaban en una red compleja por la que se propagaba el impulso nervioso sin interrupción. El sistema nervioso sería una excepción de la teoría celular, ya que no habría células individuales. Los descubrimientos y postulados de Ramón y Cajal, que mostraban con claridad lo contrario, no zanjaron la cuestión, por lo que la teoría reticular tuvo defensores hasta que, en la década de los 50 del siglo xx, la microscopía electrónica validó la teoría neuronal al evidenciar que el tejido nervioso estaba formado por células individuales conectadas por sinapsis.

Capítulo 5:

Maternidad y paternidad

Estás embarazada, vas a ser madre y eso cambiará tu vida, tanto si se trata de tu primer hijo como si repites la experiencia. Los cambios en tu cuerpo son el signo visible de la vida que estás gestando. Suena a tópico, porque quizá lo sea, pero realmente es un milagro cómo se genera y forma una nueva persona. Como milagroso y sorprendente resulta el neurodesarrollo. Gestar una nueva vida y traerla al mundo te convierte en madre biológica, pero la maternidad y la paternidad son ejercicios de voluntad, experiencias únicas que te van a cambiar a ti y van a determinar el futuro de tu hijo.

Puede pareceros que el instinto materno y el amor de los padres son algo natural, y que por tanto ha sido siempre así, pero no es cierto. Dependiendo de la época histórica y de las necesidades de cada grupo social, encontramos formas muy diversas de ser padres. El contexto es determinante en la creación de esas construcciones culturales que son la maternidad y la paternidad, y es especialmente influyente el valor que la sociedad asigna a los niños.

A lo largo de la historia y en todas las culturas, los niños han constituido un bien de alto valor. Tener un hijo supone una elevada inversión, tanto en términos biológicos como económicos, en la que siempre se han tenido en cuenta los réditos. Y es este balance entre los recursos empleados y los beneficios obtenidos el que determina si la empresa merece el esfuerzo. Por un lado, el embarazo, el parto y la cuarentena suponen un riesgo importante para la salud de las mujeres. Hoy en día, en los países con la más avanzada

atención sanitaria, la mortalidad materna ocurre entre uno y diecinueve de cada cien mil partos y se eleva hasta uno de cada siete en los países más pobres. La muerte materna sucede por hemorragia, infección, hipertensión arterial u obstrucción del parto. Además, el aborto clandestino o en condiciones sanitarias deficientes causa hasta el 13 % de todas las muertes. Por otra parte, las probabilidades de supervivencia infantiles son también determinantes para emprender la tarea. Hasta mediados del siglo xx, la mortalidad infantil en Europa y en el resto de Occidente era altísima, y cuanto menor era el niño, mayor riesgo tenía de fallecer. Los problemas del parto, la desnutrición, las infecciones y los accidentes eran —y son, en los países menos desarrollados— la principal causa de muerte. Durante los siglos xix y xx, marcados por el desarrollo científico y tecnológico, la mejora en los hábitos higiénicos, la asepsia del parto, el descubrimiento e implantación de las vacunas para toda la población y el uso de antibióticos consiguen cambiar de forma radical esta situación. En la actualidad, la principal causa de mortalidad infantil en Europa son los accidentes domésticos, entre los cuales, los más frecuentes son la asfixia por atragantamiento o inmersión, los accidentes de coche, las caídas y las quemaduras. Todos ellos por causas prevenibles, lo que las convierte en nuestro próximo reto.

Así pues, lo difícil es sobrevivir a la maternidad y a la niñez, y eso contribuye al hecho de que nacer no es lo mismo que ser hijo. De los padres depende el desarrollo saludable y la crianza del hijo, que a su vez es el depositario de los bienes materiales y culturales de la familia. Ser madre y padre es un acontecimiento biológico, pero la maternidad y la paternidad son un ejercicio cultural. En un brevísimo repaso de la historia, vamos a ver cómo ha sido el ejercicio de la paternidad y la maternidad en Occidente.

En la Edad Antigua, Grecia es el referente cultural. Conducida por las manos brutales del aparato estatal romano, su civilización se ha extendido con éxito por todo el universo conocido, desde Gibraltar hasta el Indo. Roma conquistó el mundo, pero se rindió a la cultura helenística, la asimiló y la transmitió con su propia expansión. La civilización, la cultura, las artes y la misma religión romanas proceden de los griegos. Y también de ellos procede el modo de ser padre y madre, entendido como el ejercicio de la ley y los valores morales del bien común aplicados a la vida privada.

En virtud de su calidad de ciudadano romano, el *pater familias* gozaba de todos los privilegios que le otorgaba ser heredero del prestigio de Roma. Su

palabra era la expresión de la ley romana, y a ella debían someterse todas las personas y bienes de su casa. Un hogar romano solo podía tener un *paterfamilias*, así que todos sus hijos varones estaban bajo su *pater potestas* o «patria potestad», incluso los casados, que para alcanzar su propio estatus de *paterfamilias* debían esperar la muerte de su antecesor. El abuelo paterno era, pues, la máxima autoridad en la familia romana.

Debido a sus obligaciones militares, gubernamentales o comerciales, el *paterfamilias* se ausentaba con frecuencia, de modo que recaía entonces en la *materfamilias* la dirección del hogar según la rectitud y virtudes romanas indicadas por el marido ausente. Durante la República, la mujer no poseía nada. Su vida y su estatus social dependían del hombre, primero de su padre y luego de su suegro, y su principal obligación era engendrar ciudadanos que extenderían la gloria de Roma, así que la infertilidad era una desgracia que podía costarle el divorcio. A partir de Augusto, se premia el papel reproductor de la mujer, de modo que las madres de tres hijos podían emanciparse de la tutela de su marido por considerarse que ya habían cumplido con su deber social.

El parto era asistido por una *matrona*, una madre de familia experimentada que situaba a la parturienta en un asiento con forma de media luna y sin respaldo, pero con reposabrazos a los que agarrarse durante las contracciones. A menudo la madre moría durante el parto, y entonces la *Lex Caesarea* o «Ley del César» obligaba a traer a un médico para abrirle el vientre e intentar salvar la vida del feto. Tras el parto, la *matrona* cortaba el cordón umbilical, limpiaba al recién nacido y comprobaba que no tuviera malformaciones antes de dejarlo en el suelo para que el *paterfamilias* lo reconociera como su hijo. Si levantaba al recién nacido en sus brazos, eso significaba que lo afiliaba, le daba su nombre familiar, distintivo de su posición social, y días más tarde un nombre propio que hacía referencia a detalles como el momento del día en que había nacido —*Lucio*, «el nacido al alba»— o el lugar que ocupaba en la sucesión familiar —Quinto, Sexto, Póstumo...—. Si, por el contrario, dejaba al bebé en el suelo, significaba que se desentendía de su destino. Se sacaba entonces de la casa al recién nacido, que quedaba expósito, abandonado a su suerte, para morir o ser recogido por cualquiera que lo quisiera como esclavo. La exposición se consideraba una decisión legítima y madura en el ejercicio de la patria potestad, por lo que cualquier niño podía ser expuesto sin justificación.

Los padres debían amar a sus hijos como continuadores de su nombre familiar y del prestigio de Roma, por eso confiaban la educación de los pequeños a un ama de cría y a un pedagogo, quienes templarían su carácter en el equilibrio entre la severidad paterna y la delicadeza materna. Las familias más ricas incluso los enviaban al campo, a cargo de una pariente mayor y severa que se encargaba de su educación.

En ausencia de hijos biológicos, y con el fin de evitar la extinción del linaje o adquirir el estatus de *pater familias*, se recurría a la adopción. Los patricios adoptaban aunque ya tuvieran hijos vivos, para así ampliar su patrimonio y que el afiliado pudiese impulsar su carrera política. Si el padre consideraba a un hijo indigno del apellido familiar, lo desheredaba, porque en Roma el buen nombre pesaba más que compartir la misma sangre. Un romano era ante todo ciudadano y aspiraba a contribuir a la *res publica* o «bien común» para engrandecerla con su nombre.

Tras siglos de expansión y esplendor, Roma pierde su dominio. Múltiples circunstancias causan su lenta pero inexorable caída a manos de los pobladores del norte de Europa y de Asia. De mentalidad individualista y guerrera, los bárbaros admiran la cultura romana, pero no comprenden el concepto de *res publica*, por lo que sus continuas rivalidades colapsan la industria y el comercio, rompen la unidad territorial y causan el abandono de la ciudad por el campo, donde los lazos familiares y la vida privada cobran ahora todo el protagonismo. Las continuas amenazas externas exigen del jefe de familia que sea saludable, fuerte y fértil para proteger a cuantos viven bajo su dominio y ganarse así su respeto y obediencia. Amo y señor absoluto, su abandono del politeísmo por el cristianismo añade una dimensión espiritual a su conducta, al querer asemejarse a la de Dios Padre. La paternidad es voluntad de Dios y viene otorgada únicamente por la sagrada legitimidad del matrimonio. Esto implica que los nacidos de otras uniones son ilegítimos y su filiación no está obligada por la ley.

Poco a poco, la ciudad y el Estado romanos son reemplazados por la Iglesia, que se extiende por toda Europa y resulta en depositaria de los valores medievales. La agudeza de Maquiavelo resume muy bien este cambio: «los hombres dejaron de llamarse César y Pompeyo y empezaron a llamarse Juan, Pedro y Mateo».

En la Edad Media, la falta de higiene, las carencias alimentarias y la alta probabilidad de consanguinidad debido al aislamiento entre comunidades

elevan la mortalidad y las enfermedades infantiles, lo cual merma la población. La mujer es valiosa siempre y cuando sea fértil, y se considera buena madre si procura que su hijo viva, aun a costa del propio sacrificio, como ilustraba el juicio de Salomón. El culto a la Virgen María, representada a menudo lactando, ensalza la íntima y entrañable relación de madre e hijo, pues no solo lo amamanta, sino que también nutre su alma. Como María, es madre de la carne, pero debe serlo sobre todo del espíritu, de la fe.

Así, ser padre o madre trasciende la naturaleza para encarnar la obra divina, y esta doble dimensión, carnal y espiritual, se expresa en los nuevos conceptos creados por el clero: *paternidad* y *maternidad*.

El Renacimiento volverá su mirada al hombre y a los ideales helenísticos. Quizá por eso los padres seguirán siendo soberanos en su casa y obedientes al rey y a Dios. Los hijos reciben de su madre refugio, cariño y ternura, pero su educación sigue basándose en la severa autoridad del padre, que exige respeto y obediencia ciegos, y así continuará hasta la Ilustración.

El Siglo de las Luces cuestiona toda autoridad, toda tradición, e intenta crear un nuevo tipo de sociedad. El despotismo paterno parece simbólicamente en la Revolución francesa con la decapitación del Padre Rey, y formalmente con la «Declaración de los derechos del hombre y del ciudadano».

Con la Ilustración, se mejora el cuidado corporal, la alimentación y la higiene, pero no la mortalidad materno-infantil. El desarrollo de la obstetricia y la pediatría busca mejorar las condiciones del nacimiento y los cuidados del niño, y se conviene que la madre es imprescindible para la supervivencia y salud del futuro adulto. De la mujer se espera que sea civilizada y de buena conducta, que consagre su cuerpo a la maternidad y su afecto al hijo. Como resultado, y en nombre de la «buena madre», vuelve a perder los derechos civiles que le habían sido reconocidos durante la Revolución francesa.

Sin embargo, el pensamiento ilustrado defiende que el conocimiento se alcanza mediante la propia razón, sin que otros la tutelen. Al cuestionar la autoridad política y moral y el saber escolástico, que subordinaba la razón a la fe, libera el pensamiento y permite la eclosión de la ciencia. A su vez, esto facilita la aparición de la industria, lo cual propicia una auténtica revolución en todos los planos de lo humano.

La Era Industrial dificulta la autoridad paterna, pues aleja al hombre del trabajo de la tierra y del hogar familiar. Mientras, a la mujer se le exige que el

amor por sus hijos ocupe todo su tiempo para guiar su cometido educativo. Dado que las nuevas industrias desplazan el trabajo artesano y campesino, el campo se abandona para emplearse en

«Por fin se reconoce que el vínculo paterno es también fundamental para el desarrollo del niño».

la industria fabril. El auge de la producción industrial urge cada vez más mano de obra, por lo que mujeres y niños de clases desfavorecidas se incorporan al trabajo, y las oportunidades de ejercer la paternidad y la maternidad desaparecen. Si se tienen pocos recursos económicos, la ciudad es hostil, insalubre y competitiva. Además, no hay parientes en los que apoyarse y la mayoría de trabajos no precisan formación específica, están mal remunerados y son peligrosos. La mortalidad es elevadísima y demasiado a menudo el embarazo es una sentencia de muerte, pues una de cada tres embarazadas morirá por fiebre del parto. Por otro lado, la orfandad se hace insoportable.

Afortunadamente, también la ciencia inicia su espectacular avance. El descubrimiento de la microbiología permite desarrollar las técnicas de asepsia, que suponen una reducción drástica de la mortalidad materna a dos de cada cien mujeres por el simple gesto de lavarse las manos para atender un parto. También se descubre que la leche materna no tiene gérmenes, así que se esteriliza la leche del biberón y se estudia cuáles son la composición y cantidad más adecuadas para el bebé, lo que refuerza la seguridad de su uso. Esto facilita la incorporación de la madre al mercado laboral y convierte la lactancia materna en una elección que se revaloriza como la mejor manera de estrechar el vínculo entre madre e hijo. Poder amamantar de forma voluntaria a los hijos contribuye a reforzar la idea de que la ternura está reservada a la maternidad, mientras que la autoridad y el respeto que otorga la distancia son privilegio del padre.

Las terribles consecuencias de las dos guerras mundiales contribuyen a perpetuar los roles femenino y masculino. El empobrecimiento económico y demográfico exige un incremento de la natalidad y de la producción industrial para reconstruir un mundo devastado. Así pues, el hombre sigue priorizando el trabajo fuera de casa y, aunque reivindica el cariño de sus hijos y se implica en sus cuidados, es la mujer quien se consagra a las labores

domésticas, incapaz de eludir sus obligaciones maternas para con la sociedad, que equipara feminidad a maternidad. Esta vez el incremento de la natalidad irá acompañado de una mayor supervivencia infantil gracias a otros dos impresionantes avances médicos: los antibióticos y las vacunas.

La recuperación demográfica y el crecimiento económico favorecen la progresiva incorporación de la mujer al mundo laboral. Aumenta su independencia respecto al hombre y se reivindica como una persona adulta autónoma que no necesita tutela. Logra compartir la patria potestad con el padre y, gracias a la aparición de métodos anti-conceptivos eficaces, separa la actividad sexual de la reproductiva, ya puede decidir el mejor momento para ser madre. La conquista de sus derechos jurídicos y el control de la natalidad cambian radicalmente la identidad social de la mujer y el valor de los hijos.

La paternidad también cambia de manera drástica cuando el Estado asume la escolarización de los hijos y garantiza sus cuidados si enferman. Esto alivia el tradicional papel paterno de la manutención, pues el padre pasa más tiempo en el hogar y aumenta las muestras de cariño hacia sus hijos. Por fin se reconoce que el vínculo paterno es también fundamental para el desarrollo del niño.

La autonomía económica de la mujer, el reconocimiento de la patria potestad compartida y de los hijos nacidos fuera del matrimonio, la separación del sexo de su finalidad reproductiva, la legalización del aborto y las técnicas de reproducción asistida favorecerán la aparición de nuevos modelos familiares que siguen transformando los conceptos de paternidad y maternidad.

Hemos visto como los factores económicos, políticos y culturales definen desde el punto de vista social los roles de los progenitores. Ser padre o madre cambia a su vez la situación socioeconómica individual y resulta un acontecimiento tan importante que altera las prioridades y exige una adaptación personal a la nueva circunstancia de vida. Las experiencias maternas y paternas exigen cambios de conducta que someten al cerebro a cambios relevantes de su estructura.

Capítulo 6:

El cerebro parental

Como artífice de nuestra asombrosa capacidad adaptativa, el cerebro ajusta su biología para modificar nuestra conducta a lo que exige la experiencia. Acabamos de ver que los roles maternales y paternales presentan un fuerte componente cultural, pero no olvidemos que son sobre todo acontecimientos biológicos con una carga bien distinta para cada sexo. Mientras que el cuerpo de la mujer pasa nueve meses sometido a importantísimos cambios que continuarán tras el parto y durante la lactancia, el del hombre no parece sufrir variación alguna, ni antes ni después del nacimiento de su hijo. Así que parece lógico pensar que los cambios que va a experimentar el cerebro materno sean distintos a los del paterno, sobre todo porque las diferencias sexuales de hombres y mujeres, tanto anatómicas como fisiológicas y conductuales, tienen un origen hormonal y el cerebro no es ajeno a su influencia. Las hormonas sexuales son esenciales para el desarrollo, pues, además de determinar el sexo del embrión, regulan el número y la forma de las neuronas y son en gran parte responsables de los profundos cambios cerebrales que suceden en la adolescencia.

El embarazo inunda de hormonas sexuales el cuerpo femenino, hasta quince veces aumentan los niveles de progesterona y la exposición a los estrógenos supera, con mucho, la que tiene en toda su vida una mujer sin hijos. Otras hormonas incrementan su actividad, y resulta particularmente interesante la acción de la oxitocina, involucrada en los comportamientos sociales y en los sentimientos de atracción y afecto por los demás.

Estos vínculos afectivos influyen una y otra vez en nuestro comportamiento, pues son inherentes a la especie humana y esenciales para nuestra supervivencia y desarrollo. Pero no nacemos con ellos, sino que los creamos y fortalecemos mediante el trato con los demás, y recordemos que la primera persona con quien tratamos es nuestra madre. El vínculo materno es determinante para el desarrollo físico, mental y emocional del recién nacido, cuyo cerebro, en pleno crecimiento, es tan susceptible a los cambios. No parece buena idea dejar exclusivamente en manos de la casualidad la creación de este afecto tan fundamental, así que la naturaleza interviene para asegurarse de que se produce una correcta germinación y de que aparece el comportamiento maternal humano. Para ello, el cerebro adulto es capaz de afinar sus *circuitos socio-cognitivos*, que son los que albergan las tareas adecuadas para tener buenas habilidades sociales, y especializarlos en los cuidados del bebé.

Estos circuitos son muy amplios y tienen múltiples conexiones, analizan enormes cantidades de datos y gestionan múltiples ocupaciones al mismo tiempo, para conseguir una interacción social adecuada a lo que sucede. Procesan las emociones propias y ajenas a la vez que realizan funciones de vigilancia, establecen prioridades, activan los circuitos de recompensa y motivación e inducen a la empatía. Requieren la actuación coordinada de diferentes estructuras cerebrales que, además, están anatómicamente muy alejadas entre sí y deben conectarse entre ellas. Destacan la amígdala cerebral, gestora de las emociones; las áreas de la corteza frontal y temporal, dedicadas al reconocimiento de caras, tonos de voz y otros cometidos importantes para la interacción social y el desarrollo de la empatía; y el hipocampo, sede del aprendizaje y la memoria.

Todas estas estructuras responden y se activan con la oxitocina, la hormona implicada en la formación de vínculos humanos.

el «cerebro maternal»

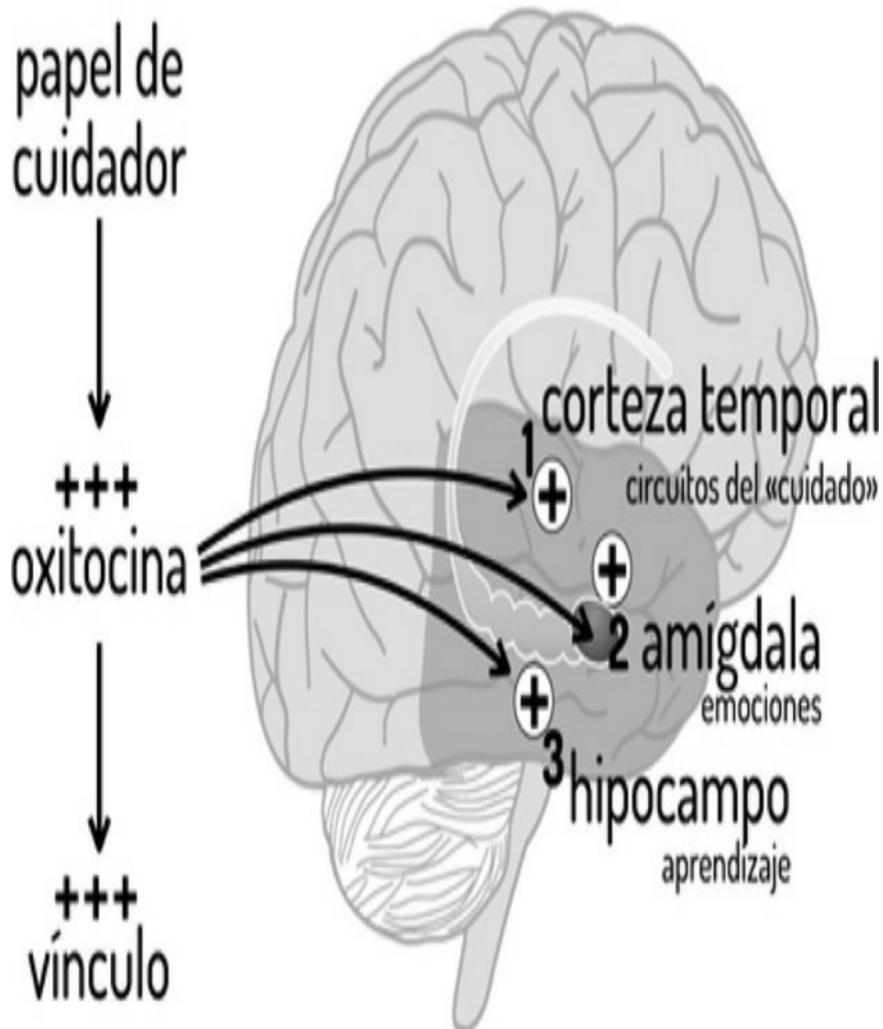


Figura 6.1. El papel de cuidador estimula la liberación de oxitocina. Esto refuerza el vínculo, porque activa las emociones y los circuitos del cuidado, y facilita la asimilación de conocimientos al generar nuevas neuronas en el hipocampo.

Los aumentos hormonales que suceden durante el embarazo contribuyen a cambiar de manera significativa la arquitectura cerebral de la mujer gestante. Pero es la continua secreción de pequeñas cantidades de oxitocina la que poco a poco activa las estructuras cerebrales que formarán los circuitos implicados en la atención y cuidado del bebé, a punto para ponerse en marcha al llegar el momento del parto.

El parto produce una liberación masiva de oxitocina, materna y fetal, que

induce las contracciones uterinas y la secreción de leche. Después, cada vez que el bebé mama, estimula la liberación de oxitocina para mantener la producción de leche adecuada a sus necesidades.

Con el nacimiento del bebé, la nueva madre necesita aprender los quehaceres asociados a sus cuidados y desarrollar las cualidades que fortalecerán el vínculo entre ellos. Es el momento de poner en marcha los circuitos específicos formados durante el embarazo para albergar estas facultades que con la práctica se irán afinando y consolidando para que la madre las lleve a cabo con destreza.

En resumen, el cerebro materno experimenta un mayor desarrollo y activación de los circuitos especializados en entender y responder con coherencia a los gestos faciales, al tono de voz, en reaccionar a la mirada, en seguir su dirección, en ser capaz de ponerse en el lugar del otro para comprender sus necesidades... Son circuitos que contienen los conocimientos y aptitudes necesarios para la crianza del bebé y que, además, favorecen la creación del vínculo con su pequeño. Tanto ese vínculo como las habilidades maternas, de base biológica pero perfeccionadas con la práctica, hacen a las madres más solícitas a las pequeñas señales del bebé y más capaces para interpretar sus necesidades. Es plausible afirmar que, puesto que el vínculo mater-no-filial dura muchos años, estos cambios cerebrales maternos deben de ser permanentes o al menos muy duraderos.

¿Y qué pasa en el cerebro del padre? Pues que también cambia. Un acontecimiento vital como la paternidad supone adaptaciones físicas, emocionales y conductuales que se verán reflejadas en la anatomía cerebral. Pero en su caso no ha tenido la oportunidad ni el tiempo para prepararse, pues su cuerpo no ha sufrido ninguna transformación en relación con su paternidad, ni su secreción hormonal se ha visto sustancialmente alterada, así que los cambios se producirán por un adiestramiento que, como toda práctica, requerirá un esfuerzo.

En realidad, cualquier adulto está capacitado para afinar sus circuitos socio-cognitivos y cuidar a un bebé con amor de madre. Para ello, solo necesita aumentar la producción de oxitocina. No importa si es hombre o mujer, ni siquiera es necesario que tenga relación de parentesco con el niño. Lo que importa es el tiempo que pasa a su lado cuidándolo. Cuanto más se implica en atender sus necesidades, en comprender sus gestos, expresiones y llantos, cuanto más participe de su crianza, mayores serán sus niveles de

oxitocina. Y, como ya hemos visto, esto llevará a los circuitos socio-cognitivos a especializarse en crianza, de modo que se fortalecerán los vínculos con el bebé.

Así que el padre tiene la oportunidad de desarrollar su «cerebro maternal» y modificar su estructura cerebral. Los cambios que se observan reflejan la intensidad del vínculo afectivo que ha conseguido establecer con su hijo. Si se limita a pasar tiempo con el

bebé sin implicarse en su crianza, los cambios cerebrales serán menores y no afectarán a la amígdala, solo a las redes de los lóbulos frontales y temporales relacionadas con la interacción social y la empatía, que son los mismos cambios que produce una relación de amistad. Por el contrario, si el tiempo que pasa con su hijo lo dedica a ocuparse de sus cuidados, los cambios son mayores y, además de afinar los circuitos frontales y temporales, habrá una mayor y más fácil activación de la amígdala, signo de que se ha consolidado un vínculo emocional mucho más fuerte.

Todos tenemos un «cerebro maternal». Para las madres biológicas es más fácil desarrollarlo, mientras que los demás tendrán que esforzarse en ello.

La oxitocina es una de las muchas hormonas que produce nuestro cerebro. Sintetizadas por distintos órganos del complejo sistema endocrino, las hormonas son mensajeros químicos cuya secreción está regulada por el hipotálamo. Como coordinador de nuestra vida inconsciente, este último analiza la información sobre el estado del medio interno y con ello indica a la hipófisis cuando y qué hormonas debe liberar a la sangre. Las hormonas hipofisarias actúan sobre los tejidos y órganos endocrinos, que a su vez excretan las hormonas correspondientes a sus funciones específicas.

Así, las hormonas influyen en la fisiología corporal e intervienen en todas las actividades humanas: la hormona liberadora de tirotrópina estimula el metabolismo, la somatostatina frena a otras hormonas, la antidiurética nos da sed, la liberadora de corticoides nos alerta, la estimuladora de gonadotropina mantiene la actividad sexual, la del crecimiento nos hace crecer y nos da

«Todos tenemos un “cerebro maternal”. Para las madres biológicas es más fácil desarrollarlo, mientras que los demás tendrán que esforzarse en ello».

hambre, y la oxitocina facilita los vínculos humanos.

De este modo, las hormonas secretadas por el cerebro acaban afinando muchas de sus cualidades y participan en la conducta humana, incluida la «química del amor», donde juegan un papel esencial en la atracción física, el enamoramiento, la pasión y el deseo, pero también en el amor sosegado que estabiliza a la pareja y le permite criar a sus vástagos.

A pesar de todo lo que sabemos sobre la acción de las hormonas y la fisiología en nuestro comportamiento amoroso, somos incapaces de explicar qué nos lleva a enamorarnos de otra persona y querer compartir la paternidad y la crianza. Por suerte, también queda espacio para el misterio, el romanticismo y la literatura.

Capítulo 7:

Lo que hay antes del cerebro

Múltiples, variadas y azarosas decisiones nos llevan al acto sexual. Entonces, una tormenta de hormonas revoluciona todo el organismo y estimula las sinapsis cerebrales imprescindibles en el coito para culminar el placer del momento. Si todo va bien, millones de espermatozoides ascenderán desde la vagina hasta el ovario salvando múltiples obstáculos, pero solo uno de ellos alcanzará el óvulo para fecundarlo.

Durante el coito, el cuerpo femenino segrega hormonas sexuales y oxitocina que estimulan la contractilidad del útero y de sus trompas, lo cual facilita el avance del esperma hacia el óvulo que le espera al otro extremo de la trompa uterina. El encuentro entre el espermatozoide «ganador» y el óvulo desencadena una larga y compleja cascada de procesos moleculares que culmina con la formación del cigoto, cuya combinación inédita de veintiún mil genes se pone en marcha para expresarse en unas circunstancias irrepetibles.

En menos de veinticuatro horas empieza la diferenciación celular. El cigoto se divide en dos, luego en cuatro, luego en ocho, luego en dieciséis... Con estas divisiones, a los seis días tiene el aspecto de una mora, lo que justifica que se le llame *mórula*, y mientras va aumentando el número de células viaja por la trompa hasta acomodarse en el útero, que se ha preparado para ello esponjando su superficie por la acción de las hormonas femeninas. Una vez allí, las células más externas de la *mórula* se compactan para formar una cubierta que la aísla del ambiente uterino, y en su interior se crea una

cavidad llena de líquido que baña las células internas de la mórula, ahora agrupadas en uno de sus lados. A partir de estas células internas se desarrollará el embrión, mientras que las de la cubierta se adhieren a la mucosa superficial del útero para penetrar poco a poco en el espesor de su tejido y conformar con él la circulación materno-fetal de la futura placenta, la fuente de alimentación y de oxígeno del embrión.

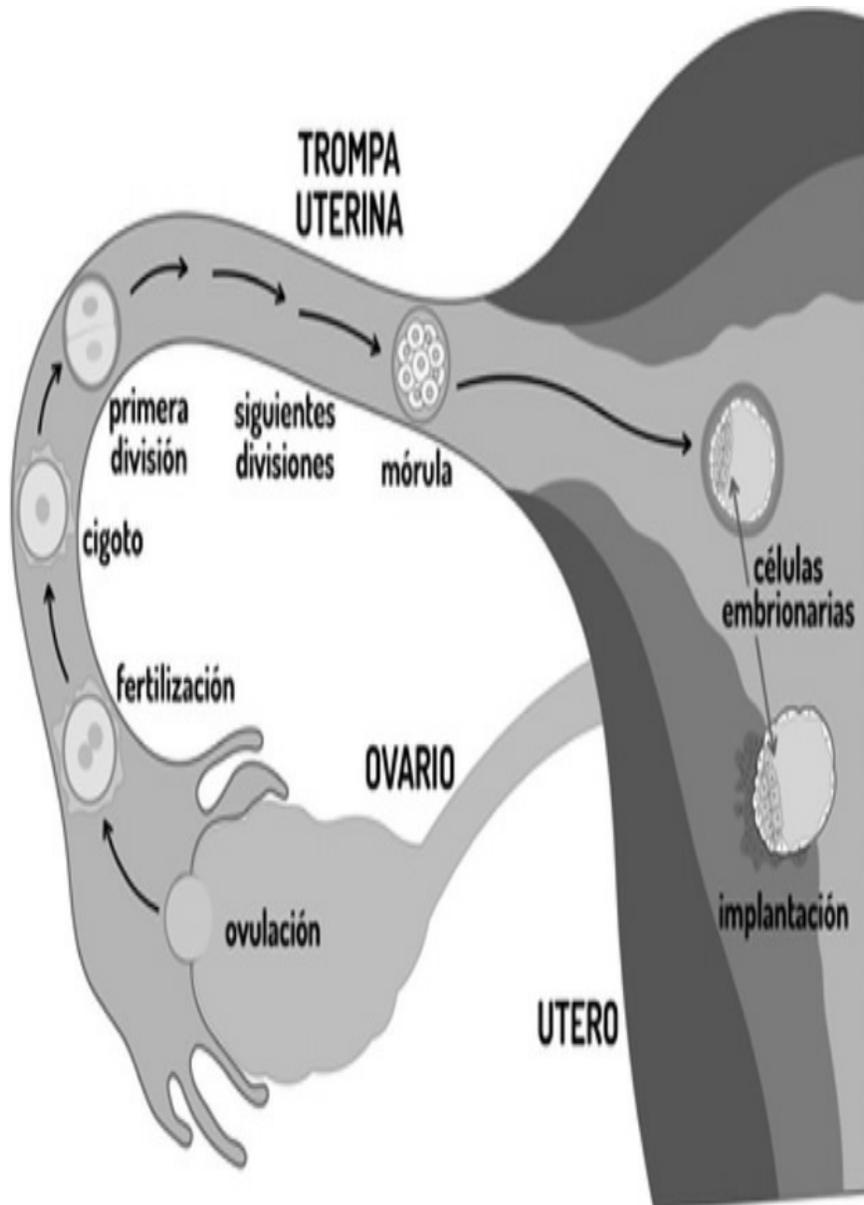


Figura 7.1. Primeras semanas de gestación. Fuente: Adaptada de Gasser, R.F., Atlas of Human Embryos, New York, Harper and Row, 1975.

Tras quince días de gestación, el embrión experimenta cambios profundos. Las células agrupadas a un lado se distribuyen ahora en tres delgadas capas, superpuestas en forma de disco. A partir de esta sencilla estructura, surgirá toda la diversidad del nuevo ser humano. El número de células sigue aumentando a gran velocidad, y estas empiezan a acumularse en la línea media del disco para formar un surco. Son los esbozos de la columna vertebral o *notocorda*, que marcará la simetría corporal y a cuyo alrededor se agrupa el crecimiento celular para ir conformando y diferenciando los rudimentos de los segmentos corporales.

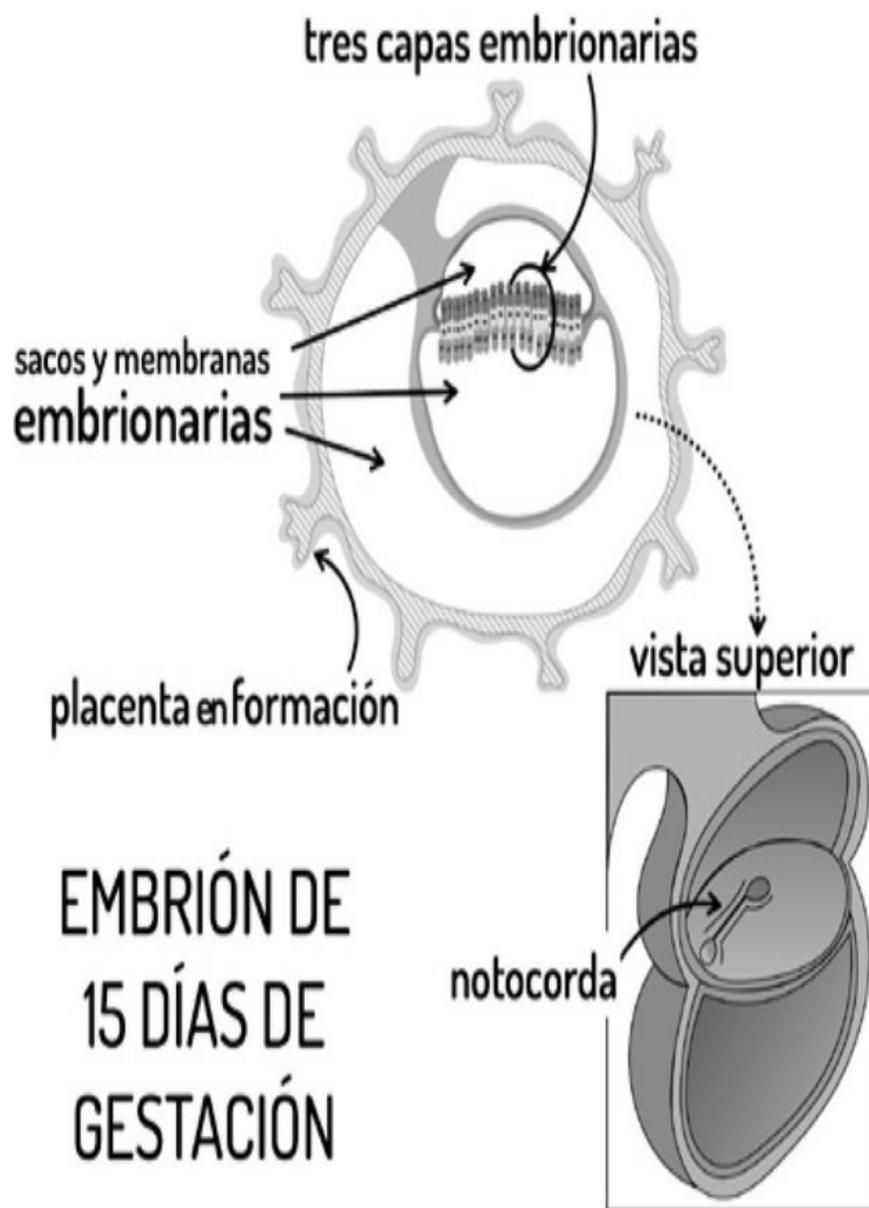


Figura 7.2. Embrión de quince días de gestación

Entre la cuarta y la octava semana de gestación, el embrión se vuelve un organismo cada vez más sofisticado. Se forman todos los órganos corporales, en un proceso denominado *organogénesis*, siguiendo el programa genético y bajo la acción de las hormonas, de las sustancias estimuladoras del crecimiento y de los factores de restricción embrionarios, que interactúan entre sí y determinan cómo aumenta el número de células, cómo se diferencian y desplazan para alcanzar su localización y desempeñar sus tareas definitivas.

Con la organogénesis termina la etapa embrionaria, un momento muy delicado en el desarrollo del individuo y que sucede muchas veces sin que la mujer sepa aún que está embarazada. La salud materna es determinante, porque influye en el desarrollo embrionario, y los estados carenciales, los tóxicos o las enfermedades pueden entorpecer y alterar la organogénesis.

Al finalizar el segundo mes del embarazo, el embrión tiene la longitud de un tapón de bolígrafo, es decir, tres centímetros de la coronilla a la rabadilla, así como un aspecto y unas características típicamente humanas. Aquí empieza la etapa fetal, que se prolongará durante las siguientes treinta semanas. En ese tiempo, la longitud del feto se multiplica por diez y el sistema de órganos constituido durante el primer trimestre va perfeccionándose para afrontar la vida extrauterina al final del embarazo.

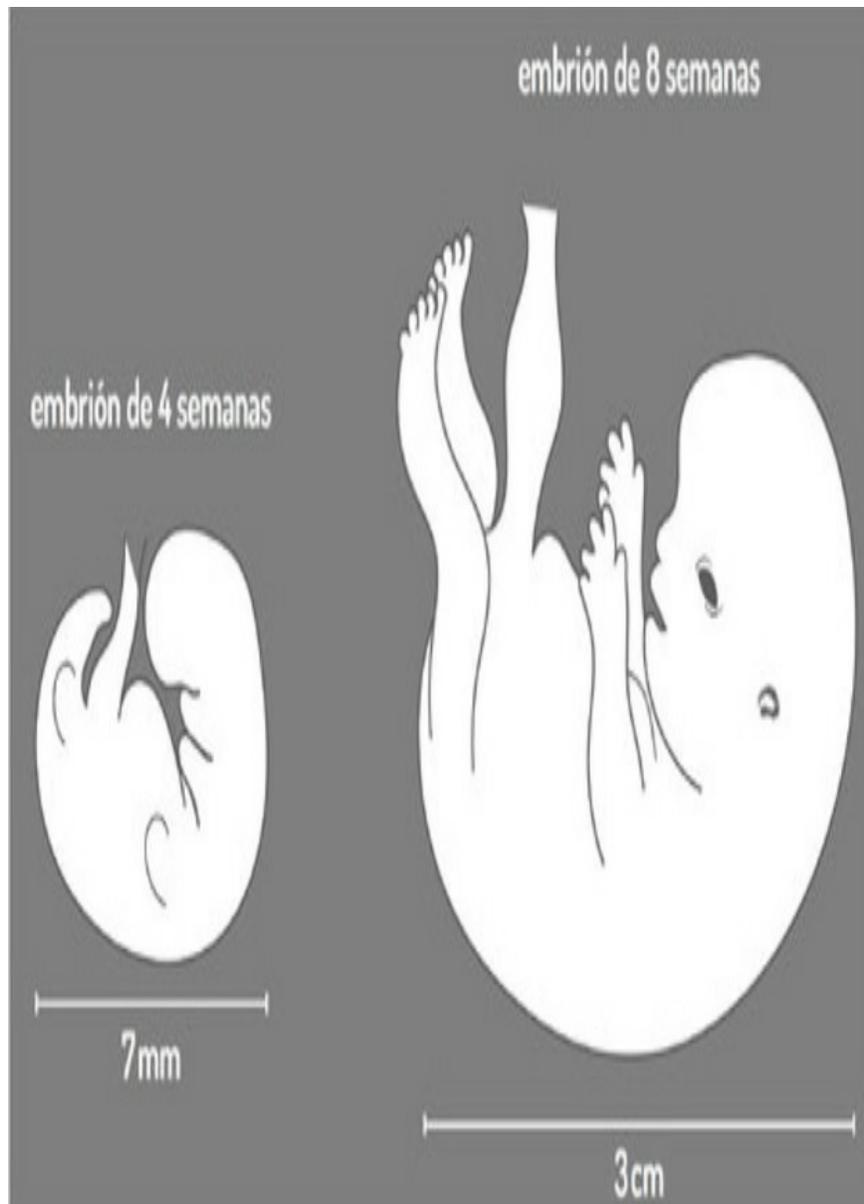


Figura 7.3. Embrión de cuatro semanas y embrión de ocho

En definitiva, nuestra vida intrauterina tiene una actividad frenética. Bajo el influjo de las fuerzas ambientales y genéticas que interaccionan entre sí, sucede una génesis y un crecimiento vertiginosos por los que, en tan solo nueve meses, el microscópico y unicelular cigoto alcanza la enorme diversidad estructural y funcional que albergan los cincuenta centímetros y tres kilos y medio del recién nacido. En tan poco tiempo, no solo la velocidad a la que suceden los cambios debe ser muy alta, sino que la complejidad del proceso obliga a una precisión enorme.

También el cerebro, modulador del organismo, se desarrolla con la rapidez y esmero necesarios para que los resultados sean óptimos. Los primeros esbozos del cerebro aparecen a partir de la cuarta semana, cuando el embrión completo mide entre tres y cinco milímetros, el tamaño de una lenteja, y a partir de este momento podemos empezar a hablar de neurodesarrollo.

Para ello voy a valerme de mi propuesta de dividir la descripción del neurodesarrollo en cuatro etapas. Recordemos que la primera hace referencia al neurodesarrollo anatómico, la segunda al de la autonomía motora, la tercera al del lenguaje y el conocimiento del entorno, y la cuarta al de la identidad.

«La salud materna es determinante, porque influye en el desarrollo embrionario».

Capítulo 8:

Creando estructuras

Puesto que la organización del sistema nervioso central refleja la organización anatómica del cuerpo, es importante conocer su gestación para comprender cómo los acontecimientos tempranos repercuten en el futuro individual.

En la etapa del neurodesarrollo prenatal se conforma la estructura básica cerebral tal y como será en el cerebro adulto. Es cierto que muchas de sus aptitudes se ponen ya en marcha, pero lo que predomina es el desarrollo de la anatomía, y por eso la llamo *etapa del neurodesarrollo anatómico*.

Como en cualquier otro momento del neurodesarrollo, en esta etapa suceden simultáneamente múltiples procesos, entre los que destaca uno. Así, si observamos por separado los tres trimestres de la gestación, apreciamos que en el primero abunda la generación de nuevas células nerviosas; en el segundo, la migración y el agrupamiento neuronal para conformar los distintos órganos nerviosos; y por fin, en las últimas semanas, predomina el aumento de tamaño de estas estructuras, que continuará tras el nacimiento y durante los primeros años de vida.

La morfogénesis del sistema nervioso empieza muy pronto. El día diecinueve de la gestación, las células precursoras del sistema nervioso conforman una zona bien diferenciada del resto en la capa superior del disco embrionario, llamada *placa neural*. Son células que han perdido ya el poder de convertirse en algo que no sea una célula nerviosa, pero ni su morfología ni sus mecanismos son los de una neurona madura. Todavía son muy

similares a cualquier otra célula y carecen de las prolongaciones neuronales, dendritas y axones, que les dan su polaridad característica. A cambio de esta indefinición, aún pueden dividirse muchas veces y a gran velocidad, así que su número aumenta con rapidez y su abundancia rebasa enseguida los límites de la placa motora para formar un surco longitudinal que a continuación irá cerrándose, desde el centro a ambos extremos, para formar el *tubo neural*, en cuyo interior se induce la diferenciación de las células nerviosas.

FORMACIÓN del TUBO NEURAL

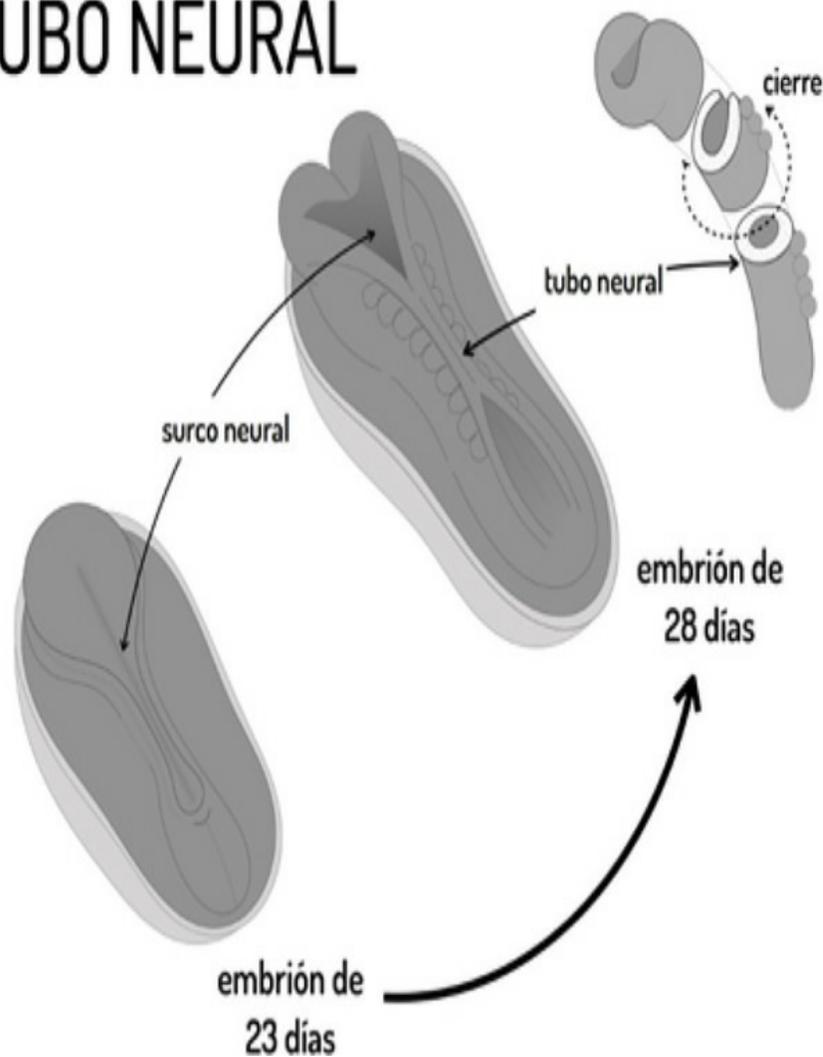


Figura 8.1. Formación del tubo neural

Estas células nerviosas primitivas enseguida adquieren prolongaciones neuronales y presentan un aspecto asimétrico. A un lado del cuerpo celular aparecen múltiples prolongaciones especializadas en recibir información, llamadas *dendritas*, y al otro una prolongación única que la propaga, llamada *axón*. Esta polaridad permite la actividad eléctrica característica del tejido nervioso, que se registra por primera vez a las ocho semanas de gestación, pero suprime la potestad de división celular. Así pues, la proliferación neuronal debe acelerarse porque hay que alcanzar los ochenta y seis mil millones de neuronas, la dotación neuronal humana, antes de que la madurez neuronal lo impida. Por eso la tasa de producción neuronal se mantiene máxima hasta la decimosexta semana para después empezar a decaer y que, con la maduración neuronal, el sistema nervioso pueda empezar a funcionar.

Ya he comentado que a las ocho semanas de gestación el embrión completa su aspecto humano. Empieza la *etapa fetal*, palabra de origen latino que significa ‘cría, cachorro’, y es bien adecuada porque su desvalido aspecto de bebé en miniatura despierta mucha ternura. Piensa que tú y yo también hemos sido así. Con una cabeza enorme que ocupa más de la mitad del volumen del cuerpo. Con una cara de ojos grandes, nariz pequeña y boca fina que, poco a poco, se hará inconfundible. Las manos y los pies tienen todos los dedos y los órganos internos están ya todos formados. Con solo tus tres centímetros de longitud tienes mucho espacio para moverte, así que no desaprovechas la oportunidad y empiezas a hacerlo. Aunque, claro, tu madre no se da cuenta. De hecho, es posible que ni siquiera sepa que estás ahí.

Sigue avanzando el primer trimestre, y con la pujante multiplicación celular que se produce en su interior, el tubo neural sigue creciendo. Primero de forma longitudinal, para luego ir engrosándose en determinados puntos, marcados genéticamente, y formar vesículas que lo subdividen en segmentos. Las vesículas más anteriores darán lugar al cerebro, al cerebelo y al tronco del encéfalo, y las posteriores a la médula espinal. Como la reproducción celular continúa, las vesículas aumentan de tamaño y se repliegan sobre sí mismas para poder encajarse en los límites del cráneo. De esta manera, en la duodécima semana de gestación se identifican con claridad las principales divisiones del sistema nervioso central, y a partir de este momento, al inicio del segundo trimestre, empieza a predominar la migración sobre la generación celular.

Ya llevas tres meses de gestación, tus oídos empiezan a registrar los

primeros sonidos, aunque no sabes discernirlos ni comprenderlos, porque aún falta que se desarrollen las zonas de tu cerebro especializadas en ello. Tragas líquido amniótico y así se asegura el desarrollo de tu intestino, tus riñones y tus pulmones. Ya puedes cerrar el puño y succionar el pulgar, pareces un muñequito, y ahora no dejas de moverte. Tu madre ya sabe que estás ahí, pero aún no percibe que te mueves.

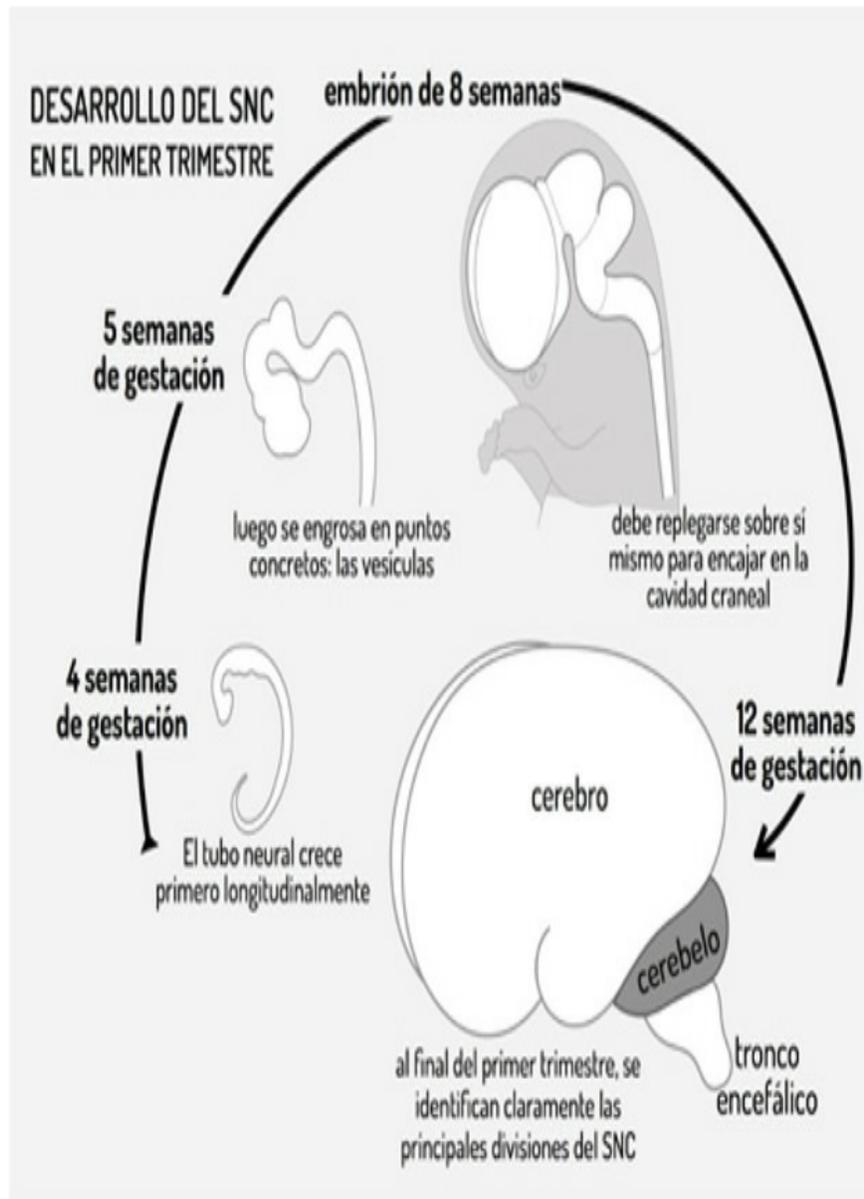


Figura 8.2. Desarrollo del SNC en el primer trimestre

Un tubo neural cada vez más largo y laberíntico obliga a que las células

nerviosas que van generándose en su interior deban desplazarse para colocarse en su posición definitiva. Siguiendo la programación genética y atraídas por las sustancias químicas que les envían las compañeras que ya han alcanzado su destino, las células nerviosas avanzan desde las zonas de génesis celular hacia las capas más superficiales, donde sus cuerpos neuronales formarán la corteza y los núcleos grises de la base cerebral, también llamados *sustancia gris*, mientras sus axones constituirán los tractos de conducción, o *sustancia blanca*, hacia las vesículas posteriores del tubo neural para mantener la conexión con ellas. Aunque esta migración neuronal y el crecimiento axonal empiezan en el primer trimestre, y aunque durante el segundo las neuronas siguen aumentando en número y diferenciándose, el fenómeno predominante en este segundo trimestre es la migración celular, regulada por múltiples y enrevesados mecanismos que aseguran la precisión de las conexiones entre las distintas regiones cerebrales para formar un sistema nervioso funcional y eficaz. A la vez que aumentan en número y migran, las células nerviosas se diferencian en un tipo celular concreto y se agrupan con otras células de forma selectiva para realizar las ocupaciones que tengan definidas genéticamente.

Así pues, a lo largo del segundo trimestre, se conforman de manera clara los distintos órganos del sistema nervioso: cerebro, cerebelo, tronco del encéfalo, médula espinal y nervios periféricos. Y al concluir el trimestre, empiezan a distinguirse en el cerebro los principales pliegues y surcos, tan característicos de su superficie.

El tacto, el oído, el gusto y el olfato están ya a punto para ponerse a funcionar. Empiezas a percibir los olores y sabores del líquido amniótico, y los ruidos no solo del cuerpo de tu madre, como el latido de su corazón, sino también los que llegan amortiguados a través de su útero. Todas estas impresiones comienzan a ser reconocibles y a almacenarse en tu memoria porque las zonas especializadas de tu cerebro, el hipocampo y la corteza temporomesial, ya funcionan. Son tus primeras experiencias, las que necesitas reconocer para poner en marcha tus primeros aprendizajes. Los sentidos aún son muy frágiles, pero el útero materno les proporciona el cálido cobijo que precisan para desarrollar sus tareas con sosiego y seguridad, para afinarlos plácidamente.

En el primer trimestre, el cerebro se ha dotado de las piezas necesarias para su formación, cientos de millones de células que suman todas las neuronas y

las de la glía⁶, y en el segundo ha adquirido los cimientos de su estructura. Pero ahora empieza a aumentar su tamaño, y este será el fenómeno protagonista del tercer trimestre.

Una vez la neurona alcanza su localización definitiva, sus prolongaciones neuronales empiezan a crecer para formar circuitos con las neuronas que la rodean. Alarga su axón, que contacta con las dendritas de las células más próximas, y aumenta el número y las zonas de conexión de sus dendritas, para recibir los axones de otras neuronas. Tras conectarse, las neuronas deben sincronizar sus descargas eléctricas para que el circuito que está formándose sea eficaz en la transmisión de los impulsos nerviosos. Algunas de estas neuronas seguirán alargando sus axones, a veces a través de rutas muy sinuosas, para contactar con las dendritas de otros circuitos situados a diferentes distancias y con los que también deben sincronizar sus pulsos.

Como vemos, en el tercer trimestre el crecimiento cerebral se produce sobre todo por el aumento de las prolongaciones neuronales y por la formación de intrincadas conexiones entre ellas. Esto obliga a la corteza cerebral a replegarse cada vez más sobre sí misma para ahorrar espacio y facilitar las conexiones entre zonas alejadas anatómicamente, así que la superficie cerebral se llena de surcos como consecuencia de la formación y engrosamiento de los circuitos cerebrales.

En la tranquilidad del claustro materno, los circuitos crecen, se refuerzan y se estabilizan, y hacia las últimas semanas de la gestación los axones de las neuronas que los forman se recubren de una sustancia blanquecina, la *mielina*, que hace que la conducción a través de sus elementos sea cada vez más rápida y eficaz. Tanto la formación de circuitos como su posterior mielinización serán los procesos que ocuparán el neurodesarrollo cerebral en los primeros veinte años de vida.

CEREBRO FETAL

durante el tercer trimestre

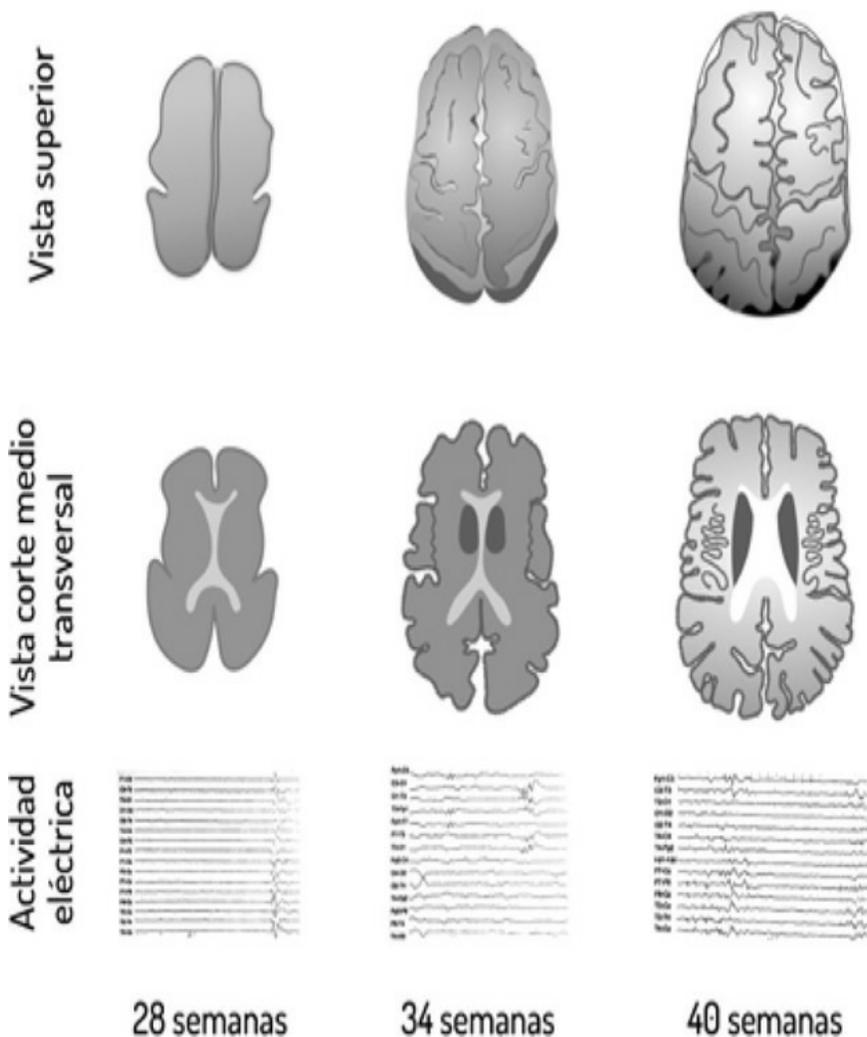


Figura 8.3. Cerebro fetal en el tercer trimestre

Recordemos que el crecimiento del tejido nervioso no es un fenómeno aislado, sino que forma parte del conjunto del desarrollo embrionario y fetal en el que el resto de órganos van formándose y madurando. Para integrar sus competencias y empezar a ejercer el gobierno corporal, las neuronas de los distintos circuitos corporales deben establecer conexiones con las membranas de las células musculares, glandulares o sensoriales situadas fuera del sistema nervioso. Así, en la gestación, se desarrollan las funciones vegetativas, sensoriales y motoras que serán imprescindibles para la supervivencia del

recién nacido.

En los últimos tres meses del embarazo, el feto duplica su volumen, de tal punto que al término de los nueve meses medirá unos cincuenta centímetros y pesará unos tres mil quinientos gramos. Hace tiempo que, a pesar del aumento del volumen del útero, no cabe en posición estirada, por lo que ha ido replegándose sobre sí mismo para adoptar una postura en flexión, llamada *postura fetal*. En esta posición, los músculos flexores trabajan más que los extensores y por eso son más fuertes y de mejor tono, lo cual perpetuará en el recién nacido su característica postura flexionada.

Sigues moviéndote mucho, pero al tener menos espacio, tus brazos y piernas enseguida se encuentran con las paredes del útero y tus movimientos se vuelven evidentes para tu madre. Aunque ella ya había empezado a notarte en el cuarto o quinto mes de embarazo, ahora te percibe mejor, lo cual fortalece el vínculo contigo. Te mueves más cuando ella cambia de postura o se come un dulce, ya que son situaciones que te activan. Pero también cansan, así que luego duermes otro rato. Al principio te movías de forma caótica, pero poco a poco tus movimientos ganan en precisión y empiezas a necesitar más espacio para ejercitarlos. Pronto tendrás todo el que quieras.

Esta etapa anatómica del neurodesarrollo es muy delicada en su conjunto. Siguiendo el programa marcado por la herencia genética, el cerebro y el sistema nervioso se forman a toda velocidad, y durante su génesis y crecimiento las estructuras nerviosas son frágiles y muy vulnerables. Por un lado, es posible que un error genético cause una alteración en el programa de desarrollo del sistema nervioso. Por el otro, si un factor no genético interfiere en esta etapa anatómica del proceso, es más probable que cause anomalías definitivas en la estructura de los órganos del sistema nervioso central, lo que inevitablemente provocará una disfunción encefálica.

El control y la prevención que podemos hacer en cuanto a los factores genéticos son muy limitados. La mayoría de problemas relacionados con la dotación genética se deben a

«La superficie cerebral se llena de surcos como consecuencia de la formación y engrosamiento de los circuitos cerebrales».

alteraciones accidentales, es decir, no heredadas de los padres. Son anomalías que surgen en el momento de la concepción, cuando se unen los genes de la

madre con los del padre. En ese instante sucede siempre una reordenación genética, para asegurar que los hermanos sean genéticamente diversos, y en algunos casos esta reordenación puede dar lugar a anomalías que, por no ser heredadas, se llaman *de novo*. Claro que también hay anomalías heredadas que causan problemas neurológicos, pero al contrario de lo que se cree, su detección durante el embarazo es difícil e infrecuente. Las técnicas diagnósticas actuales son insuficientes para detectar todas las alteraciones genéticas que pueda tener el embrión, a menos que haya una alteración genética conocida en la familia y se vaya en su busca. Además, aun en manos muy expertas, estas pruebas no están exentas de riesgo para el bebé e incluso pueden provocar un aborto.

Los factores no hereditarios también pueden resultar difíciles de controlar, pero hemos detectado muchos de ellos, lo que mejora la posibilidad de prevenir su acción. Para la mujer en edad fértil que desea quedarse embarazada, es muy importante saber qué agentes pueden interferir en el desarrollo de su hijo para evitarlos o prevenirlos. Pero aún es más importante saber que el momento del embarazo en el que actúa el agente lesivo tiene más peso que el agente en sí, porque cuanto más inmaduro es un embrión, más vulnerable es y el daño que sufre es más grave. Así, las consecuencias del daño causado por un factor lesivo concreto varían según el momento del embarazo en que actúe. Si actúa durante el primer trimestre del embarazo, entorpece o impide la producción celular, y los daños causados pueden llegar a destruir el embrión y provocar un aborto. En el segundo trimestre, causará una disrupción de la estructura de los diferentes órganos, lo que originará una deformidad grave. Por fin, en el tercer trimestre, detiene el crecimiento, lo cual lleva a malformaciones y defectos menores.

Los factores ambientales que pueden interferir en el buen desarrollo embrionario y fetal son múltiples: accidentes, infecciones, deficiencias nutricionales de la madre, una enfermedad materna que altera el funcionamiento de la placenta...

Las mujeres no somos el «sexo débil», pero somos más vulnerables a la enfermedad. Por un lado, debido a las desigualdades socioeconómicas aún no superadas; por otro, debido al sesgo de género que arrastra la ciencia médica en el estudio de nuestra fisiología y modo de enfermar particular. Además, sobre las mujeres suele recaer la responsabilidad del hogar y los hijos — aunque puede que esto esté cambiando—, así que dejan sus propios asuntos,

como la salud, a la cola de sus quehaceres. Por eso, cuando una mujer decide que quiere quedarse embarazada, conviene que revise antes su estado de salud y sus hábitos, no solo en su propio beneficio, sino también para proporcionar a su futuro hijo el ambiente prenatal más saludable posible. Lo más adecuado es visitar al médico de cabecera y al ginecólogo para informarse correctamente sobre la alimentación y valorar las circunstancias de su ámbito laboral, sus hábitos tóxicos y su estado inmune.

Los adultos no siempre seguimos una alimentación sana, por culpa de factores como las prisas, el trabajo y los horarios. Múltiples circunstancias hacen que nuestra dieta no sea siempre nutritiva y apropiada. Una mujer joven y sana, con una alimentación adecuada a su actividad diaria, tendrá la energía suficiente para afrontar un embarazo y una crianza sin problemas. Porque no olvidemos que después del parto viene la crianza, y ahí hace falta muchísima energía, como veremos en los siguientes capítulos.

La mujer gestante tiene unas necesidades nutricionales especiales. Por un lado, los cambios en su cuerpo provocan cambios tanto en la exigencia de su actividad física diaria como en su propio metabolismo, y además estos cambios variarán a lo largo del embarazo. Por otro, debe proporcionar al feto todo lo necesario para su correcto desarrollo, para lo cual es imprescindible tener los niveles adecuados de nutrientes en la sangre materna, proteínas, calcio, hierro, vitaminas... No se trata de «comer por dos», sino de alimentarse bien y de acuerdo a las circunstancias del embarazo.

Algunos nutrientes son esenciales para el correcto desarrollo del sistema nervioso. Por ejemplo, es bien sabido que una insuficiente cantidad de ácido fólico en la sangre materna es la causa de defectos del cierre del tubo neural. Esto produce malformaciones, como la espina bífida, que causan dificultad para caminar y contener la orina, e incluso discapacidad intelectual de grado diverso. Como el cierre del tubo neural empieza a los veintiocho días de gestación, es muy probable que la mujer ni siquiera sepa que está embarazada, por lo que es necesario que los niveles de ácido fólico sean correctos antes de la gestación. Muchas otras sustancias son imprescindibles para el correcto desarrollo embrionario y fetal, como el hierro o las hormonas tiroideas, y es conveniente asegurarse de que sus cantidades en sangre son apropiadas para llevar a cabo una gestación exitosa.

Los tóxicos ambientales son agentes lesivos muy importantes, y por eso debe evitarse su consumo durante el embarazo. Parece de sentido común,

pero no todo el mundo lo tiene tan claro. Consumir tabaco, alcohol o drogas durante el embarazo tiene un doble peligro. Actúan de forma directa perjudicando los órganos maternos y alterando la adecuada génesis de los tejidos en formación. Pero, además, son potencialmente mortales para el feto y pueden causar secuelas graves que duren de por vida. Además, todas las sustancias tóxicas causan dependencia materna, y su privación provoca un estado de ansiedad que conviene que la madre haya superado antes de iniciar la gestación. Por lo tanto, es mejor deshabituarse desde el momento en que empieza la planificación del embarazo.

También las medicinas recetadas por el médico pueden ser potencialmente tóxicas para el feto. Las mujeres con enfermedades crónicas deben conseguir un buen control de su enfermedad antes de quedarse embarazadas. Múltiples enfermedades como la diabetes o la hipertensión arterial y de la glándula tiroides pueden alterar el correcto desarrollo del feto. Además, hay que tener en cuenta que ciertos medicamentos deben evitarse durante el embarazo porque causan deformidades en el feto, como sucede, por ejemplo, con muchos fármacos para la epilepsia.

Otros tóxicos ambientales son también perjudiciales para el neurodesarrollo fetal. Muchos están en el aire y los sufrimos todos, no solo las mujeres embarazadas, como la polución fabril o del tráfico. Pero algunas mujeres trabajan en industrias potencialmente peligrosas y están en contacto con sustancias que pueden causar aborto o alteraciones fetales, por lo que deben tenerlo muy en cuenta en el momento de programar su embarazo.

Antes de quedarse embarazada, también conviene comprobar si se tienen las defensas adecuadas para hacer frente a las infecciones que pueden provocar abortos o graves daños orgánicos y cerebrales. La rubéola, la varicela, el sarampión, el herpes, el citomegalovirus, el papilomavirus, la toxoplasmosis y la sífilis, entre otras, son enfermedades transmisibles al feto que pueden dañarlo incluso antes de que la madre presente síntomas. Muchas de estas enfermedades se pueden prevenir con algo tan simple como la vacunación, pero otras son asintomáticas para la madre y deben detectarse antes del embarazo para poder tratarlas con eficacia. Sin embargo, las mujeres embarazadas pueden contagiarse en cualquier momento, y por eso conviene evitar que estén en contacto con personas enfermas. Las que trabajen con niños y ancianos han de extremar la prudencia, porque ambos grupos son propensos a infecciones que, aunque suelen ser banales, también

son potencialmente lesivas para el feto.

Si mantener un estilo de vida saludable es esencial para cualquier persona, aún lo es más para las mujeres en edad fértil y sexualmente activas, ya que pueden estar embarazadas sin saberlo e incurrir en situaciones de riesgo que pueden tener importantes consecuencias en las etapas tempranas de la gestación.

Parece claro que la situación ideal es poder planificar el embarazo, acudir al médico para explicarle el deseo de ser madre y empezar unos meses antes a prepararse. Pero los preparativos no solo atañen a las mujeres. Sabemos que, si los padres también toman medidas preparatorias, como dejar el consumo incluso moderado de alcohol los meses previos, la calidad de su esperma será mucho mejor, lo que disminuye el riesgo de transmitir enfermedades o causar malformaciones en los hijos.

Con el nacimiento termina la etapa del neurodesarrollo anatómico. La capacidad craneal ha alcanzado los treinta y cuatro centímetros de perímetro y alberga un cerebro bien diferenciado de trescientos cincuenta gramos de peso con la misma dotación neuronal que el adulto: miles de millones de neuronas que han empezado a organizarse en circuitos aún muy primitivos. Listo para enfrentarse al mundo exterior, aunque su madurez aún esté lejos, empieza a aclimatarse desde los primeros momentos de vida. Para ello, establece nuevos circuitos a partir de los primarios que ha formado intraútero y los adapta y afina para poder asumir las nuevas tareas necesarias para su supervivencia y éxito. La formación y crecimiento de estos nuevos circuitos implica que deben coordinarse entre sí, para lo que se realiza un esfuerzo de sincronización neuronal que culminará con la adquisición de las nuevas facultades, empezando por las motoras.

Nota

6. Son las células del tejido nervioso que dan soporte físico y funcional a las neuronas, participando sobre todo en labores de mantenimiento del microambiente celular y del metabolismo de los neurotransmisores, los mensajeros químicos que transmiten la información de una neurona a la siguiente.

Capítulo 9:

La llegada al mundo

El embarazo llega a su fin y el útero no da más de sí. Ha pasado de ser como una pera pequeña (7 x 5 x 3 cm), de paredes tan gruesas que apenas da cabida al café de una cucharilla (5 ml), a abultar lo que una sandía (35 x 25 x 22 cm) con paredes adelgazadas por la elongación y que puede contener los 5 l de agua de una garrafa de las que venden en el supermercado. Aunque su volumen ha aumentado mil veces, y el bebé ha replegado sus 50 cm de longitud hasta los 35 cm que, de la coronilla a la rabadilla, mide colocado en postura fetal, ya no tiene espacio para moverse, necesita salir de ahí.

Empieza la contracción del tensado y potentísimo músculo uterino. Alertado por este movimiento, el niño se despereza y empieza a apretar su cabeza contra el cuello uterino, que va dilatándose cada vez más para dejarle paso. Esto marca el inicio del parto, que suele durar horas. Para que sea exitoso, la madre debe apretar y el niño debe empujar, nadar hacia la salida, porque el parto, como sucederá a lo largo de la crianza, es cosa de dos y, si uno de ambos falla, todo se complica.

¡Por fin está aquí! Tras nueve meses de esperas, ilusiones, alguna inquietud y un largo rato de contracciones agotadoras, madre e hijo pueden verse las caras y reconocerse mutuamente mientras alguien corta el cordón umbilical. La madre aún tendrá que expulsar la placenta, pero su pensamiento está ya concentrado en los ojos abiertos de par en par de su hijo, que respira por primera vez y busca el pecho materno para amamantarse. Ambos están agotados pero alertas, gracias a la descarga hormonal que acompaña el

enorme esfuerzo físico, y que actuará durante varias horas. La adrenalina les impide dejarse vencer por el cansancio y facilita el contacto madre-hijo durante los primeros momentos juntos, que son fundamentales para mantener el vínculo e iniciar la lactancia —acciones mediadas, como ya sabemos, por la oxitocina—.

Un torrente de nuevas sensaciones inunda al recién nacido. Atravesar el canal del parto le ha costado mucho trabajo y en pocos instantes pasa de la oscura y confortable calma del vientre materno, donde todo se percibía amortiguado y sus necesidades estaban cubiertas, al ajetreo confuso del mundo, que satura sus sentidos de nuevas impresiones. La luz deslumbra, los ruidos son bien nítidos, el aire enfría la piel mojada... Como el cordón umbilical ya no trae el oxígeno desde la placenta, ha llegado el momento de estrenar los pulmones, enseguida llenos de aire que, impulsado por el llanto provocado tras tantas impresiones, los vaciará de líquido.

En medio de este caos de novedades, de pronto surge algo familiar. El bebé reconoce sensaciones: el pecho de su madre sabe y huele como el líquido que lo ha envuelto todos estos meses, en el que ha ido desarrollando sus competencias sensoriales y al que ha ido aclimatándose. Observa la cara de su madre y, aunque por ahora solo distingue luces y sombras, pronto aprenderá a reconocerla. Mientras mama por primera vez, escucha latir el corazón materno, otra sensación conocida que lo tranquiliza.

Las aptitudes que empezaron a ponerse en marcha durante el embarazo — las sensaciones gustativas, olfativas y auditivas, así como los reflejos de succión y de movimientos primitivos— resultan, desde los primeros instantes de vida, muy útiles para su supervivencia. Aunque ahora han de adaptarse a las exigencias del medio, del mundo que habrá de hacer suyo y cuya conquista ha emprendido al nacer.

El neurodesarrollo, que discurría protegido y estimulado por el ambiente uterino, sucede ahora bien a la vista. Cada adelanto del recién nacido hace las delicias de sus padres. Pendientes de sus gracias y torpezas, atienden solícitos todas sus necesidades. Estas atenciones y cuidados, vitales para la supervivencia del recién nacido, son también imprescindibles para el progreso de su neurodesarrollo, ya que la asimilación de conocimientos surge de su relación con lo que tiene alrededor y favorece sobre todo el vínculo con otros seres humanos. Como todas las crías animales, los bebés resultan adorables y llaman la atención del adulto. Su aspecto frágil e indefenso

despierta ternura. Su cuerpo rechoncho de miembros cortos y regordetes, con una cabeza enorme de frente ancha, nariz pequeña y ojos grandes, predispone a brindarles protección. Su olor de bebé los hace aún más encantadores y las ganas de abrazarlos, achucharlos e incluso mordisquear sus mofletes se vuelven irreprimibles. Estas caricias aumentan la secreción de las hormonas del crecimiento y tiroideas, lo que favorece el desarrollo corporal y cerebral del bebé. Además, al llorar cuando se encuentra incómodo, invariablemente provoca que su madre lo tome en brazos.

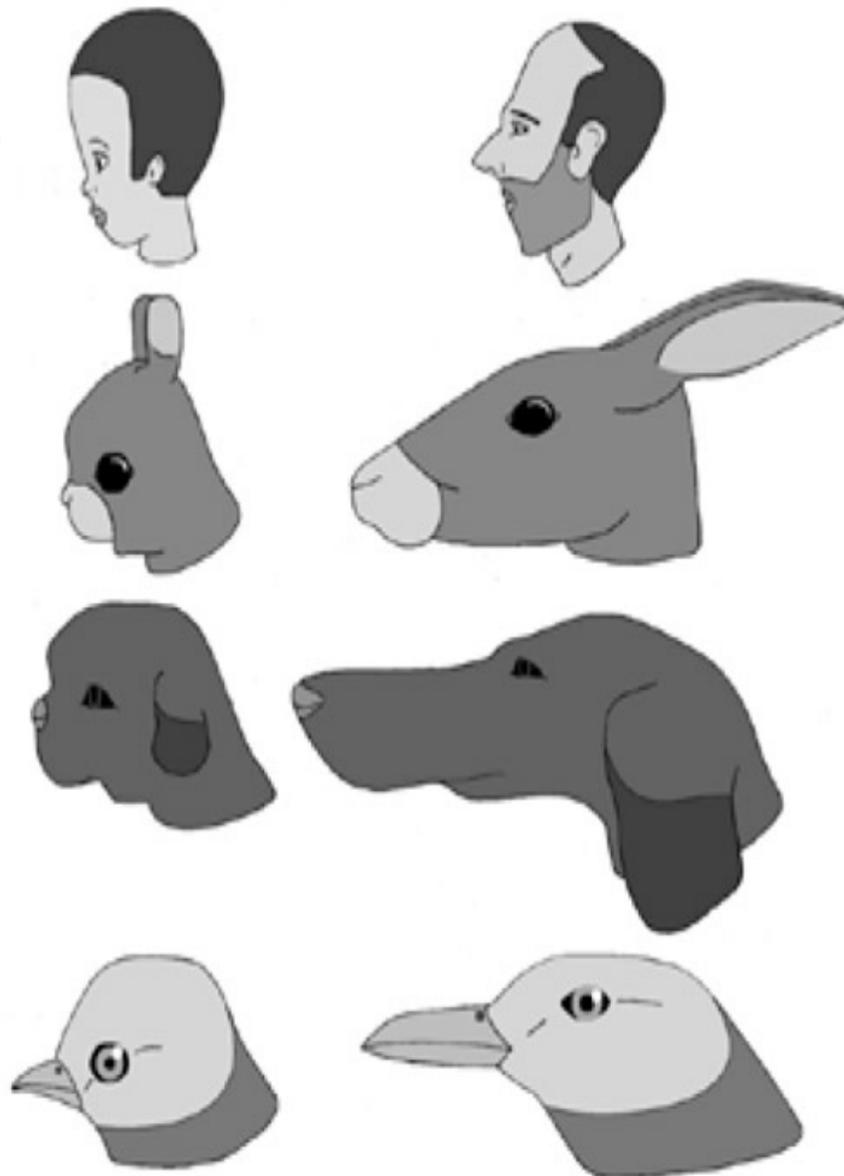


Figura 9.1. Comparación del aspecto craneal entre lactantes y adultos. Fuente:

https://en.wikipedia.org/wiki/Cuteness#/media/File:Animal_human_growth_skull_neoteny_

Como vemos, la naturaleza dispone de muchos mecanismos para que los bebés no queden desvalidos. Mecanismos que favorecen su relación con los adultos, justo lo que las neuronas de su cerebro precisan para desarrollar su programa genético, que induce el crecimiento de sus prolongaciones y la formación de los circuitos cerebrales que permiten el neurodesarrollo. Si la relación con los adultos es insuficiente o inadecuada en cuanto a afecto y atención, el crecimiento cerebral será mucho menor. Se retrasará de forma inevitable nuestra adquisición de conocimientos, pues lo que hace crecer y cambiar el cerebro es precisamente la creación de nuevos circuitos a medida que va aprendiendo cosas nuevas, y de quienes más puede aprender es de aquellos más experimentados.

Pero, a medida que aumenta la autosuficiencia del niño, los cuidados de sus padres deben ir cambiando para evitar que la sobreprotección entorpezca su autonomía o que la negligencia lo prive de los estímulos necesarios para su avance. El niño tiene que desarrollar seguridad en sí mismo y fortalecer su autoestima. Debe apreciar que sus padres confían en sus posibilidades, sentir que le dan cada vez más autonomía, aunque sigan observando sus avances para ofrecerle ayuda siempre que la necesite.

El primer hito del niño en este largo camino del neurodesarrollo es lograr la *autonomía motora*, que da nombre a la etapa que ocupará los tres primeros años de su vida, los más dinámicos y los más abundantes en nuevas adquisiciones. En esta etapa va a desarrollar su percepción y a regular sus necesidades corporales. Aprenderá a moverse con libertad, a utilizar las manos para explorar y modificar su espacio, y a hablar no solo con el fin de expresar sus necesidades, sino de compartir sus logros y primeras ideas. Con estas competencias motoras básicas, ya dispone de las herramientas que va a necesitar durante el resto de su vida para ir asimilando conocimientos.

Que buena parte de las estructuras encefálicas estén implicadas en el movimiento da una idea de lo esencial que resulta para nuestra especie. Más de la mitad de las neuronas del cerebro se encarga de las funciones sensitivo-motoras, mientras la otra mitad se reparte el resto de labores. Pero todas guardan relación y se coordinan entre sí para que el cerebro actúe de forma unitaria y permita que nos movamos con intención y consciencia. Por eso no

es descabellado afirmar que, mientras aprendemos a movernos, también aprendemos moviéndonos.

En estos tres primeros años de vida, la rapidez con que avanza el neurodesarrollo es paralela a la velocidad de crecimiento del perímetro craneal.

«Un torrente de nuevas sensaciones inunda al recién nacido».

Empujada por el crecimiento cerebral, la circunferencia del cráneo aumentará hasta dieciséis centímetros, desde los treinta y cuatro centímetros del neonato hasta los cincuenta del niño de tres años. Dieciséis centímetros que marcarán una gran diferencia, la que va de la indefensión y dependencia absolutas al movimiento eficaz y autónomo. Nuestro cerebro nunca volverá a crecer tanto en tan poco tiempo, ni aprenderá tan rápido cosas tan importantes.

Como el cerebro recién nacido está dotado ya con el número de neuronas de un adulto, su crecimiento se produce sobre todo por el aumento de la cantidad y tamaño de sus prolongaciones neuronales, con las que irá formando los nuevos circuitos, en los que asienta las experiencias que va adquiriendo. Se calcula que, cada segundo, se establecen en el cerebro neonatal entre setecientas y mil conexiones neuronales nuevas. Una velocidad impresionante que, aunque decrecerá con la edad, permite alcanzar los aproximadamente ochocientos sesenta billones de conexiones que tiene el cerebro adulto.

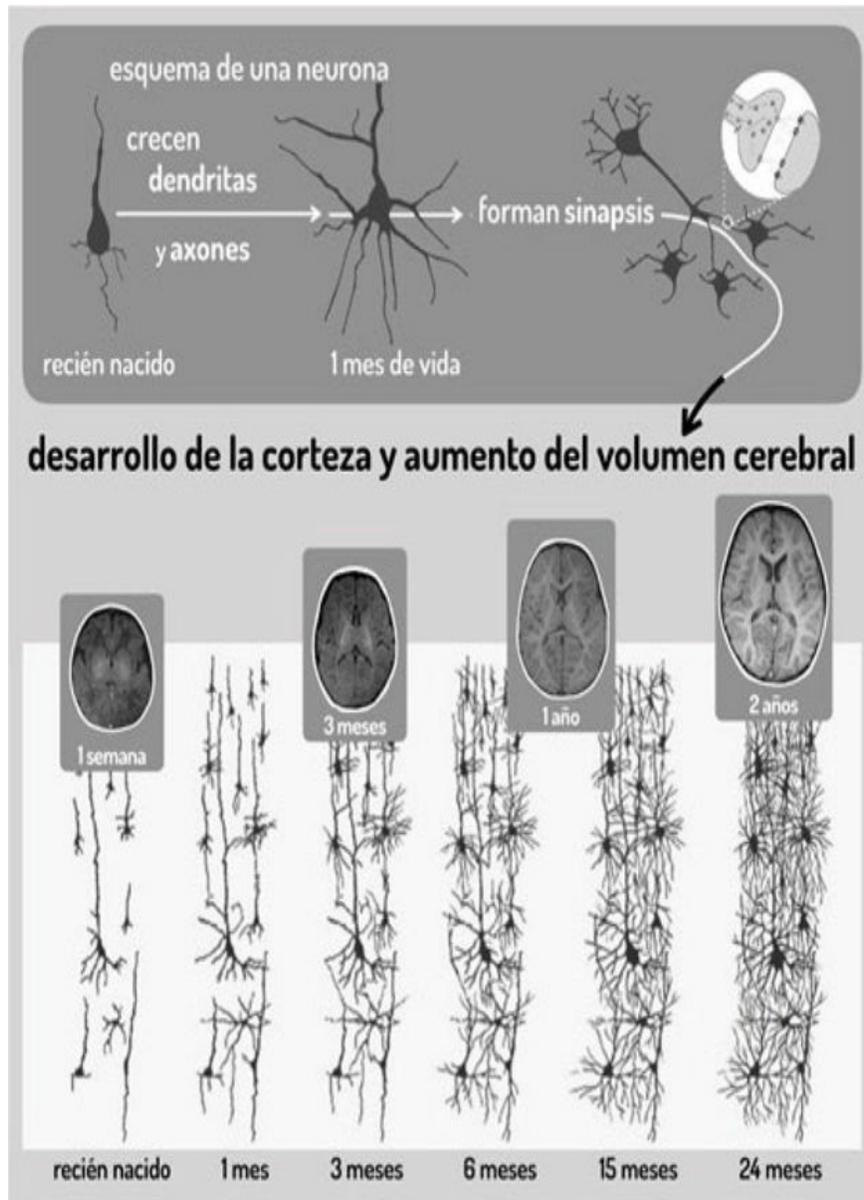


Figura 9.2. Crecimiento del perímetro cefálico de los cero a los tres años

Esta enorme capacidad de formar nuevas conexiones, llamada *sinaptogénesis*, explica la aptitud plástica de nuestro cerebro y favorece que el aprendizaje humano sea quizá el más receptivo a las variaciones de su hábitat, lo cual dota a nuestra especie de su enorme facultad adaptativa. En contrapartida, esta inmadurez y sensibilidad a los cambios del medio lo hacen más vulnerable a posibles interferencias y lesiones.

Como ya hemos explicado y se muestra en la figura 4.2 del capítulo «Características del neurodesarrollo», los componentes del sistema nervioso

central presentan una maduración secuencial. Así, al nacimiento, el tronco del encéfalo ya ha concluido la formación de sus circuitos, que se recubren de *mielina*, una envoltura aislante que les confiere estabilidad y permite su correcto funcionamiento. En cambio, la mayoría de las células corticales apenas han empezado a conectarse entre sí. Puesto que es la primera estructura en madurar, el tronco del encéfalo asume el control jerárquico de todo el sistema nervioso hasta que por encima de él se desarrolle la corteza y despliegue todas sus aptitudes para sustituirlo en el mando.

Capítulo 10:

Hacia el primer paso

Este nivel de maduración es suficiente para las demandas de la vida fetal, a la que el niño estaba perfectamente adaptado. Pero ahora el recién nacido deberá modificar sus circuitos y desarrollarlos para ajustarse a su nuevo ambiente. Las funciones del tronco encefálico que toman el mando son limitadas y automáticas, pero vitales. Bastan para permitir al neonato modificar su frecuencia cardíaca y respiratoria, adecuándolas a los cambios de actividad exigidos por su medio, y para reaccionar a los estímulos con respuestas motoras reflejas y estereotipadas. Estos reflejos del recién nacido, también llamados *arcaicos* o *primitivos*, son movimientos involuntarios que facilitan su supervivencia. Por ejemplo, cuando le acarician la mejilla, el recién nacido gira la cabeza hacia la mano que lo toca y abre mucho la boca como en busca de algo que morder. Es el reflejo de búsqueda que suele preceder al de succión, y ambos le permiten amamantarse desde el nacimiento sin necesidad de tener que aprenderlo. Parpadear, toser o estornudar son también reflejos protectores presentes desde el nacimiento y que, por su utilidad, se mantienen invariables a lo largo de toda la vida. Otros reflejos, desencadenados por el movimiento, le impiden adoptar posturas que pueden resultar peligrosas cuando aún no existe el movimiento voluntario. Así, el reflejo tónico asimétrico cervical provoca una extensión automática del brazo y de la pierna del lado hacia el que gira la cabeza y una flexión de los miembros contrarios. Todo esto dificulta el volteo del recién nacido y evita que quede bocabajo mientras sea incapaz de elevar la cabeza del plano.

En este caso, entre los cuatro y los seis meses de edad, es necesaria su desaparición para que el bebé pueda voltearse de manera voluntaria.

Para quien desconoce su existencia, observar estos reflejos suele causar asombro o preocupación, ya que a veces son muy llamativos. Es lo que sucedió en Brasil cuando una enfermera puso a un recién nacido de pie sobre una superficie dura y el niño dio varios pasos seguidos. Algún familiar lo grabó en vídeo y lo colgó en internet, donde se propagó con rapidez dejando desconcertados a los usuarios de las redes sociales que pensaban que el niño había nacido sabiendo caminar. En realidad, se trataba del reflejo de la marcha que precisamente se desencadena cuando las plantas de los pies del bebé tocan una superficie dura. Este reflejo desaparece hacia los dos o tres meses de edad con la maduración de estructuras encefálicas superiores, que empiezan a tomar el control de las funciones motoras del tronco encefálico.

El más conocido de estos reflejos primitivos es el *reflejo de Moro*, llamado así por Ernst Moro, el pediatra que lo describió en 1918, y sigue siendo una maniobra habitual en la consulta de pediatría. El pediatra tumba al bebé boca arriba en la camilla y con una mano lo coge por ambos brazos y estira para incorporarlo, lo justo para que la cabeza quede un poco separada de la camilla. Así sujeto, el pediatra sitúa su otra mano entre la camilla y la cabeza del bebé. Entonces suelta sus brazos para que el bebé caiga sobre su otra mano. Al sentir que cae bruscamente, el recién nacido responde de forma refleja abriendo los ojos y desplegando manos y brazos, para enseguida juntarlos como si quisiera abrazarse al aire. A veces, incluso grita o llora. Este reflejo, presente desde el nacimiento, va perdiendo intensidad a medida que maduran las estructuras corticales superiores, hasta extinguirse por completo hacia los seis meses de vida. Su ausencia al nacimiento o su persistencia más allá de los seis meses sugiere que puede haber problemas neurológicos y conviene una valoración a cargo del especialista en neurología infantil.

También resulta curioso el reflejo de presión palmar, por el que el niño responde a la presión sobre su palma agarrando con fuerza el objeto que lo aprieta. Ejerce tanta fuerza que, si se trata de nuestro dedo, podemos hacer tracción y conseguiremos incorporar al bebé sin que se suelte. Hacia los tres meses de edad, esta reacción ya no sucede, porque se inicia la maduración de las áreas motoras que capacitan la precisión manual humana. Un reflejo similar ocurre al presionar la planta de los pies, pero este desaparece más

tarde, hacia los diez meses de edad.

Sin embargo, no solo falta el control voluntario del movimiento. Recordemos la predilección del recién nacido por mantener la postura fetal adoptada durante el último trimestre de la gestación y el consecuente predominio de la musculatura flexora de sus extremidades.

A lo largo del primer año de vida, el bebé desarrolla el control de la postura y mejora la eficacia de los movimientos según se libera de las reacciones automáticas del tronco encefálico. A medida que se van desplegando los circuitos de las áreas corticales responsables de la motricidad, el tronco se somete a su dominio para perder el control sobre el movimiento corporal. Desde la corteza, enseguida se establecerán conexiones con la médula espinal y los nervios periféricos para transmitir la información del movimiento a los músculos. Así, durante los primeros seis meses de vida, los reflejos primitivos van desapareciendo hasta extinguirse del todo y, a la vez, gracias a la libertad de movimiento, se iguala el tono de los músculos flexores y extensores hasta estar balanceado y permitir movimientos cada vez más armoniosos. De manera progresiva, el niño va ganando el control de su postura y perfeccionando sus movimientos voluntarios.

Siguiendo la secuencia contenida en el programa genético, el mantenimiento de la postura progresa para vencer a la gravedad en sentido cráneo-caudal, desde la cabeza hacia los pies, y para mejorar la destreza del movimiento en sentido mediolateral, desde la columna vertebral hacia las extremidades. Así, primero aguantará erguida la cabeza, luego el tronco, para mantenerse sentado, a continuación la pelvis y, por fin, podrá sostenerse en pie sobre sus piernas. Paralelamente, el control postural en las extremidades empieza por los hombros y las caderas, para alcanzar luego brazos y piernas hasta llegar a manos y pies.

A medida que domina la postura, el niño puede posicionar de forma voluntaria las distintas partes del cuerpo para moverlas coordinadamente entre sí y que sus movimientos sean más organizados y precisos. Poco a poco ya no solo se mantiene en una posición, sino que también empieza a pasar de una a otra. Así, primero consigue voltearse, de boca arriba a boca abajo y viceversa, lo que le permitirá pasar de tumbado a sentado y de sentado a ponerse a cuatro patas, y de ahí a plantarse de pie. En cuanto consigue ponerse en pie, intenta desplazarse, primero con pasos laterales, apoyado en un objeto, y enseguida prueba a soltarse para dar pasos sin apoyo. El control

del equilibrio es también fundamental para dominar la postura, y aquí entrará en juego el correcto desarrollo del cerebelo, órgano fundamental del sistema nervioso central.

No, no me he olvidado del gateo. Sencillamente, no es un logro por el que pasen todos los niños, ni parece formar parte del patrón universal del desarrollo motor, cuyo objetivo final es adquirir la marcha. Recordemos que el neurodesarrollo necesita de la interacción con el entorno y, por tanto, está muy condicionado por las costumbres de crianza. Por ejemplo, los niños occidentales suelen pasar bastante tiempo tumbados boca abajo, sobre una manta de juegos o en un parque. Son superficies limpias y sin objetos peligrosos, que les permiten empezar a moverse con libertad sin riesgo de hacerse daño o llevarse suciedad a la boca. En esta postura y circunstancias, es más probable que prueben a desplazarse gateando en cuanto su dominio corporal se lo permita, aunque también hay otras variantes, menos frecuentes, como avanzar sentados impulsándose con las piernas o arrastrándose bocabajo. Pero estas condiciones de aislamiento del frío y de limpieza del suelo, tan habituales en las casas occidentales actuales, no se dieron hasta que en la Edad Media los suelos de madera empezaron a sustituir los fríos pisos de piedra. Primero reservados a los sitios nobles y viviendas ricas, poco a poco se popularizaron y dieron mayor confortabilidad a las habitaciones. Estos suelos sin pavimento suelen encontrarse en las casas de los niños indígenas de diferentes culturas. Suelos polvorientos que favorecen el contacto con parásitos intestinales causantes de diarrea, una de las principales causas de mortalidad infantil en núcleos sin acceso a servicios sanitarios. Esto lo han observado los adultos, así que procuran que los bebés pasen los primeros meses de vida lejos del suelo, y por eso los cargan a la espalda o en brazos, tanto para evitar infecciones como para facilitar su alimentación. Otras veces los dejan sentados en el suelo, en un sitio limpio y apropiado para ellos, sin alentar su desplazamiento autónomo hasta que aprendan a andar. Podríamos decir que la postura horizontal favorece el desplazamiento autónomo horizontal, mientras que la vertical favorece la deambulación sobre las piernas. Una no es mejor que otra, son simplemente distintas y están condicionadas por el medio en el que sucede el neurodesarrollo. Puesto que el gateo no parece formar parte del patrón universal del neurodesarrollo, resulta inadecuado insistir en que un niño se ponga a gatear cuando en realidad ya puede caminar de manera autónoma. Esta es una idea errónea que, por

desgracia, se encuentra muy arraigada.

Mientras que la secuencia en el patrón de desarrollo motor es casi idéntica en los niños de todas las culturas, las edades a las que se va completando cada uno de los logros son muy variables y, evidentemente, también estarán condicionadas por las costumbres en los modos de crianza.

Algunas culturas buscan acelerar el neurodesarrollo de sus pequeños, para lo que desarrollan rituales y prácticas que favorecen la adopción precoz de determinadas posturas. Es el caso de la etnia bambara de Mali que, con una economía basada en una agricultura comunal y poco mecanizada, necesita muchas manos para trabajar la tierra, así que conviene que los bebés se sienten pronto para que sus madres no tengan que cargarlos y puedan dedicarse cuanto antes a las labores agrícolas. Las madres bambara ejercitan y masajean diariamente a sus bebés, siguiendo un ritual bien establecido de movimientos, estiramientos y friegas con los que, en efecto, logran que sus hijos sean capaces de sentarse solos a los cuatro meses de edad. Otro ejemplo más de cómo factores socioculturales, ambientales, influyen de forma determinante en los factores biológicos del neurodesarrollo.

Entonces, para valorar cuál es la norma en la edad a la que se adquieren las distintas competencias en el neurodesarrollo, es imprescindible tener en cuenta los hábitos culturales de una comunidad, es decir, conocer cómo es el desarrollo de la mayoría de los niños de un lugar determinado. Para ello, son necesarios estudios poblacionales que suelen resultar en la creación de instrumentos de valoración. Gracias a estos instrumentos, podemos comparar el neurodesarrollo de un niño concreto con el de su grupo poblacional de edad y así hacernos una idea de si se aleja mucho del de la mayoría, para ofrecerle la atención especializada que necesite cuando esto ocurre.

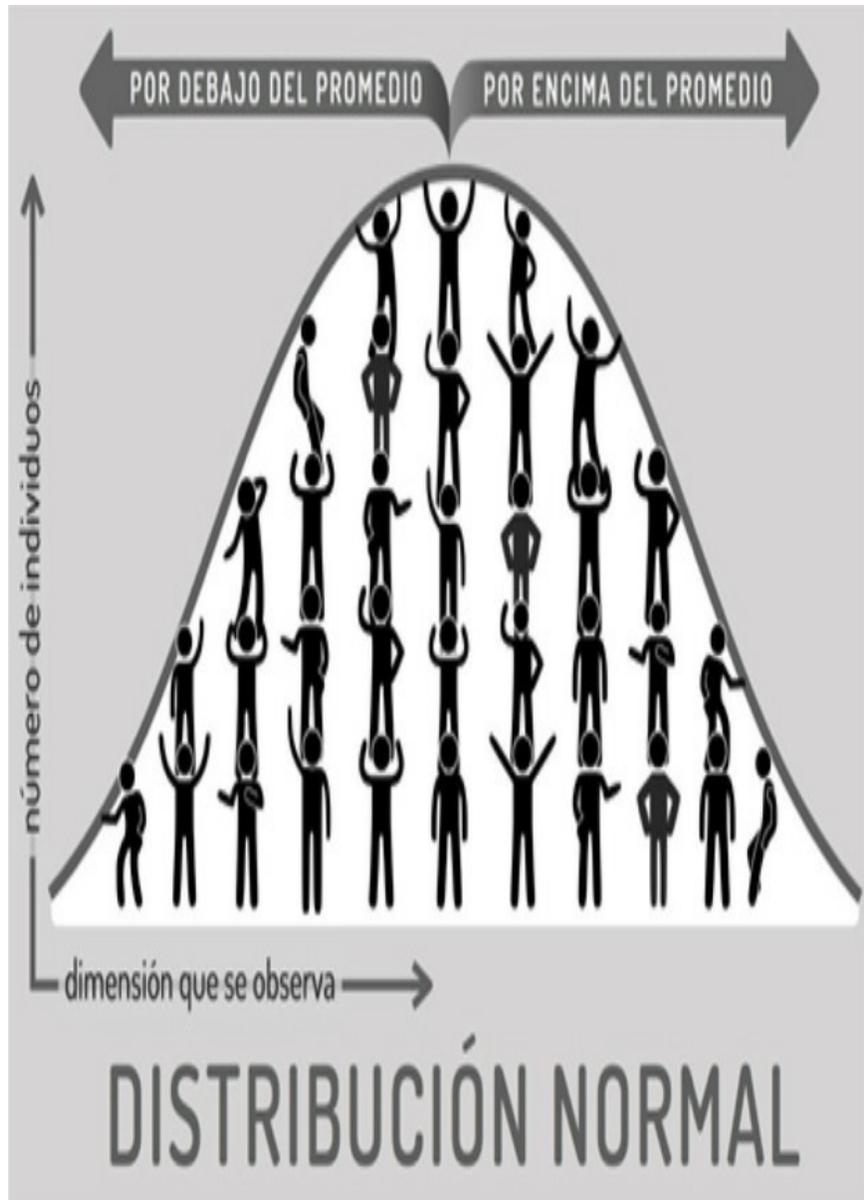


Figura 10.1. Distribución normal

En España, el estudio Haizea-Llevant obtuvo los datos de referencia que permitieron establecer a qué edades suceden los hitos del neurodesarrollo en los niños españoles. En cuanto al desarrollo de la postura, encuentra que consiguen sostener la cabeza erguida entre los dos y los cuatro meses de edad, mantenerse sentados sin apoyo entre los siete y los nueve, y de pie apoyados en un objeto entre los ocho y los once. Además, pueden cambiar de postura a partir de los nueve meses, logran sentarse por sí mismos entre los nueve y los trece, y por fin caminan solos entre los trece y los dieciséis. En

general, podemos decir que hacia los nueve meses de edad el control postural está ya lo bastante avanzado como para que el desarrollo motor se concentre sobre todo en adquirir la marcha autónoma, que se alcanzará en la mayoría de los niños antes de los catorce meses de edad.

Pero el desarrollo postural no termina cuando el niño ya puede andar solo. La torpe y característica marcha del bebé, con sus continuas oscilaciones de tronco y brazos, con sus pies bien separados, con pasos muy cortos que apoyan toda la planta a la vez, es una marcha insegura y energéticamente muy costosa. El bebé inexperto activa todos los músculos de la pierna al mismo tiempo, y le llevará otro año más conseguir una marcha eficaz, en la que el paso empieza apoyando el talón, para después impulsarse depositando el peso en la punta y avanzar flexionando la rodilla y la cadera de manera coordinada. Con la práctica, el paso se prolonga y adquiere velocidad, mientras que la distancia entre los pies disminuye. Hacia los dos años, tiene ya la precisión y estabilidad necesarias para correr, saltar y chutar una pelota.

«Las edades a las que se va completando cada uno de los logros son muy variables».

Capítulo 11:

Construir la mente a través de los sentidos

Como ya hemos repetido varias veces, no es posible desligar unas habilidades cerebrales de otras, porque el cerebro actúa como un todo y se desarrolla también como un todo. Así que, paralelamente a los avances en el desarrollo de la postura, se van capacitando la percepción y el sensorio mediante la creación de los circuitos nerviosos correspondientes. Digamos que para posibilitar el desarrollo postural, es necesario que nuestros sentidos nos informen de nuestra postura en el espacio. Y viceversa: para que el desarrollo sensorial sea óptimo, necesitamos cambiar de postura y explorar el espacio.

Los humanos estamos dotados de órganos específicos que nos capacitan para percibir algunos de los múltiples estímulos que nos rodean. Podemos distinguir cierto intervalo del espectro electromagnético —luz visible— y de las ondas mecánicas —sonido—, apreciamos las variaciones de la energía térmica —frío o calor— o determinados componentes químicos —olor y sabor—, y también sentimos la fuerza de la gravedad gracias a detectores localizados en nuestros músculos y articulaciones. En cambio, no tenemos órganos que nos permitan percatarnos de las fuerzas que mantienen unidos los componentes atómicos, ni de la energía que desprenden cuando se rompen —radiación nuclear—. Es decir, que nuestra percepción del mundo está acotada por nuestras capacidades sensitivas. Y es esta conciencia de nuestra limitación lo que sigue haciendo que nos preguntemos si existe algo más allá de lo percibido por nuestros sentidos. No soportamos la

incertidumbre, así que, en busca de una explicación, desarrollamos sistemas cognitivos que traten de entender el mundo y nuestra existencia. La religión, la filosofía y la ciencia surgen de esa necesidad de darnos respuestas. Respuestas que a su vez generan nuevas e infinitas preguntas que evidencian nuestra impotencia. Por su parte, las artes, tratan de expresar nuestras reacciones frente a tanto misterio.

La finalidad de los órganos de los sentidos es transformar estas fuerzas de la naturaleza en impulsos nerviosos que se envían a nuestra corteza cerebral. Allí se transforman en pensamientos con los que interiorizamos el mundo para tratar de comprenderlo y responder a sus cambios de la manera más eficaz, es decir, para adaptarnos al medio. Todos los órganos de los sentidos constan de tres partes: un receptor especializado en captar un estímulo concreto, un transductor que convierte el estímulo en un impulso eléctrico y un nervio que conecta con las neuronas cerebrales que llevan la información hasta la corteza por una vía específica.

Debido a la enorme importancia que tienen los sentidos para la supervivencia, urge que el desarrollo de sus órganos se complete antes del nacimiento. Por tanto, al terminar el primer trimestre su estructura anatómica es ya muy similar a la del adulto, y se hacen perfectamente funcionales durante el segundo trimestre de gestación. El feto ha adaptado su percepción al húmedo, liviano y amortiguado medio intrauterino, y así provisto llega al mundo el recién nacido. Los neonatos oyen, ven, tocan, huelen y gustan. Pero la información que reciben a través de los órganos de los sentidos es novedosa y llega a una corteza cerebral inmadura, con sus distintas áreas muy poco desarrolladas y aún desconectadas entre sí, por lo que es incapaz de procesar o interpretar dicha información, y aún menos responder a ella de forma adecuada. Por un lado, su centro de gobierno es el tronco del encéfalo, que ya hemos visto que responde de forma refleja, sin analizar la situación. Por otro lado, las sensaciones que percibe son nuevas, le resultan desconocidas, y no puede entender lo que está pasando. Ya hemos visto que es la presencia de nuevos estímulos la que induce la formación de nuevas conexiones neuronales, y es la repetición del estímulo la que refuerza esas conexiones. Las nuevas sinapsis se agrupan según la calidad de los estímulos recibidos, y se organizan en áreas especializadas que poco a poco se interconectarán: primero con las de un mismo sentido, y después con las áreas de otros sentidos. Así los bebés construyen redes de datos con las que

hacerse una idea fidedigna de lo que los rodea y en las que almacenan su memoria, es decir, la información que se usará en futuras experiencias que, a su vez, generarán nuevos conocimientos. Porque el cerebro, inmerso en un mundo que no deja de cambiar, nunca completa sus experiencias y está en incesante cambio gracias a las nuevas percepciones que asimila.

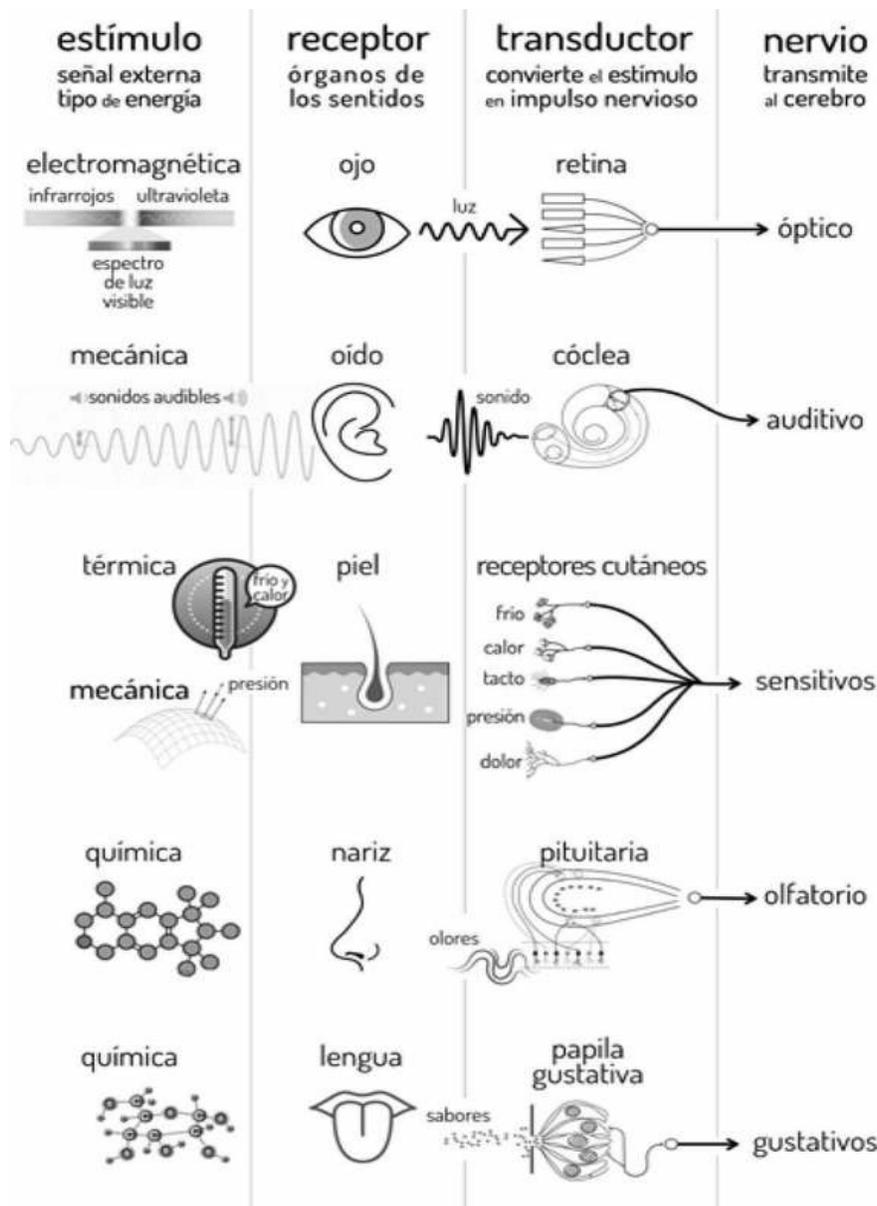


Figura 11.1. Esquema de los órganos de los sentidos

Pues bien, así está el recién nacido, sin recuerdos y con estímulos nuevos constantemente bombardeando su sistema nervioso.

Por suerte, el sentido del olfato, que ha completado su desarrollo y está activo desde la vigésima novena semana de gestación, viene a su rescate y le sirve de primera orientación en este caos de sensaciones. La nariz, receptora de los olores, alberga en su parte más profunda la pituitaria, el transductor especializado en transformar los estímulos olorosos en impulsos nerviosos que, antes de llegar a las regiones corticales olfativas, atraviesan las zonas del cerebro que modulan nuestras emociones y los vínculos personales. Este recorrido añade un carácter afectivo a las percepciones olfativas y, como la alimentación al pecho, las fortalece. Entonces, no es de extrañar que el recién nacido prefiera el íntimo olor de su madre a cualquier otro, por sofisticado que sea, y en concreto prefiere el olor de su pezón. Incluso los niños alimentados de forma exclusiva con biberón escogen el olor del pezón materno frente al de la leche artificial y, más sorprendentemente, eligen el olor del pezón de otra mujer antes que el de su biberón. Quizá porque sus redes olfativas y gustativas, que se han formado estimuladas por los olores intrauterinos, están ya mielinizadas antes del nacimiento y ahora, ya maduras, se resisten a los cambios frente a la novedad.

En efecto, también el sentido del gusto ha completado su neurodesarrollo antes del nacimiento, y hacia la vigésima quinta semana ya puede distinguir sabores. El recién nacido prefiere los sabores dulces y mantiene esa preferencia durante los primeros meses de vida, al menos hasta el cuarto, aunque hay niños que conservan esta preferencia hasta los dos años. Después, eligen sabores más salados, y a partir de este momento sus predilecciones tendrán un fuerte componente sociocultural.

Los olores y sabores de nuestra infancia están ligados a momentos en los que la formación de vínculos personales es muy intensa.

Eso hace insuperable la tortilla de patatas de tu madre o que no puedas evitar la melancolía que te invade al oler el heno recién cortado o un jabón de manos con el mismo aroma que desprendía el que utilizaban tus abuelos.

El sentido del tacto aporta al recién nacido un enorme bagaje de experiencias previas porque es el primer sentido en aparecer. El embrión de ocho semanas ya responde a la estimulación táctil de los labios y,

«Nuestra percepción del mundo está acotada por nuestras capacidades sensitivas».

progresivamente, los receptores táctiles cubrirán toda la superficie corporal, hasta completar su conexión con la corteza sensitiva correspondiente hacia la vigésima novena semana. Igual que en el adulto, los receptores táctiles responden a estímulos mecánicos, térmicos y dolorosos, pero las sensaciones se perciben menos nítidas y más intensas. Así, por ejemplo, un pinchazo le resulta más doloroso y de difícil localización, ya que lo siente en una porción de superficie cutánea mayor de la que en realidad abarca.

La información novedosa que de modo continuo reciben los receptores táctiles tras el nacimiento va reforzando los nexos con las neuronas corticales que completan su mielinización en el quinto mes de vida. Como sucede con cualquier experiencia, cuanto más precoces, intensos y repetitivos sean los estímulos, mayor será la actividad de los circuitos y más eficaces sus resultados. En el caso de los estímulos dolorosos, esto puede ser contraproducente, ya que sensibilizarán más la corteza cerebral, con lo que la tolerancia al dolor será menor. Es el caso de los niños ingresados en unidades de cuidados intensivos neonatales, que muestran mayor perceptibilidad a los estímulos dolorosos en las zonas cutáneas donde han recibido más pinchazos. Y esta hiperestesia es mayor en los niños que han sido prematuros que en los nacidos a término.

A menudo me encuentro con niños que, al haber nacido antes del término, no soportan que les toque las plantas de los pies, e incluso me dicen que les duele. Teniendo en cuenta cómo se desarrolla el sentido del tacto, me pregunto si esa sensación desagradable está relacionada con los múltiples pinchazos que reciben en el talón mientras están ingresados. La extracción de sangre por punción del talón es el método elegido en los prematuros y recién nacidos por ser menos arriesgada que la extracción por otras vías. En niños ingresados, los controles analíticos son necesarios y a menudo frecuentes, así que convendría desarrollar otros medios para poder realizar estos controles sin causar secuelas a largo plazo.

Los labios, la cara, las manos y los pies son las áreas del cuerpo más sensibles al tacto. Si seguimos sus conexiones hasta la corteza cerebral, apreciamos que la extensión que ocupan las zonas que reciben su sensibilidad abarca casi toda la corteza del lóbulo parietal, o *corteza somato-sensitiva*, y que están muy conectadas con las áreas motoras con las que comparten información constantemente.

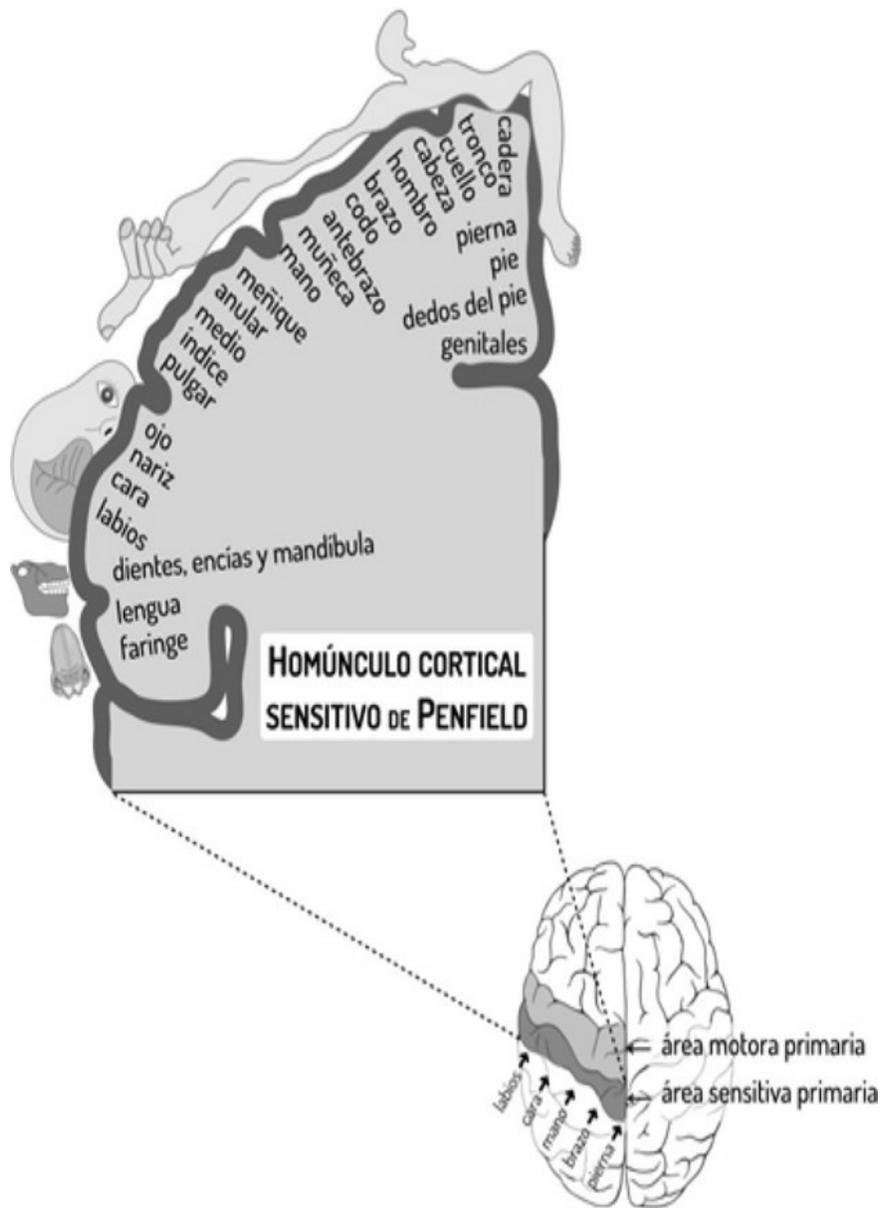


Figura 11.2. Homúnculo sensitivo de Penfield

Al completar su maduración de forma tan precoz, el sentido del tacto se convierte en una fuente de información importantísima en los primeros meses de vida. Esto permite al bebé ir tomando conciencia de los límites de su propio cuerpo, dónde acaba su piel y dónde empieza el mundo exterior, explorar las superficies, aprender qué es el frío y el calor, y buscar aquellas situaciones y texturas que le resultan placenteras.

Plenamente activo al nacimiento, el sentido del oído también aportará al recién nacido la experiencia adquirida durante su vida fetal. Alrededor del

sexto mes de embarazo, todas las estructuras anatómicas del oído son ya funcionales y ha empezado la mielinización de las neuronas que forman el nervio auditivo, que lo conectará con el sistema nervioso central.

Se calcula que el feto empieza a oír hacia la vigésima sexta semana y sabemos que la capacidad de percibir los sonidos está ya activa por completo al nacimiento. Tanto la pared uterina como el líquido que baña el feto y rellena sus conductos auditivos amortiguan los sonidos del exterior. En cambio, los movimientos normales de la actividad corporal materna, como el latir del corazón o los movimientos intestinales, transmiten sus vibraciones al líquido amniótico y al feto. Especialmente nítida le llega la voz de su madre, pues las vibraciones de la laringe materna alcanzan el útero, conducidas por las vértebras, y el feto las percibe con mayor claridad que cualquier otro sonido. De esta manera, la cadencia característica de la voz materna y del sonido de su idioma estimulan el oído fetal, ya en marcha en el tercer trimestre. Estas experiencias auditivas serán de vital importancia para que el recién nacido pueda distinguir el habla del resto de sonidos que lo rodean.

La madurez de la corteza auditiva neonatal, como la del resto de áreas, resulta insuficiente para analizar la información que recibe, así que es también el tronco del encéfalo la estructura que inicialmente responde al sonido. De forma refleja, los sonidos desconocidos aceleran los latidos y aumentan el ritmo de succión del recién nacido, que gira la cabeza hacia el origen del ruido. Pero esta respuesta solo está presente durante el primer mes de vida, ya que desaparece en cuanto la corteza auditiva somete las respuestas reflejas del tronco para asumir la escucha.

Si observamos estas y otras reacciones, apreciamos que el neonato prefiere el sonido del lenguaje humano. Sobre todo, la voz de tono más agudo y ritmo lento que usamos de forma instintiva para hablar a los bebés, quienes distinguen la voz de su madre de la de otras mujeres y reconocen el sonido de su lengua materna. Su audición está bien desarrollada al nacimiento, preparada para ejercer una influencia importante en su comportamiento.

Hacia el final del primer mes de vida, y tras librarse de las respuestas automáticas del tronco, el niño ya ha aprendido a procesar las señales sonoras de la voz humana y es capaz de discriminar sonidos vocales de consonantes. A partir del cuarto o quinto mes, el bebé vuelve a mostrar su talento para reconocer la fuente del sonido, pero esta vez lo hace de forma voluntaria y dirigida por la actividad de su corteza cerebral, que desarrolla sus conexiones

a medida que recibe nuevos estímulos auditivos. La experiencia auditiva es fundamental en el desarrollo anatómico de la corteza cerebral, ya que influye en su organización y en cómo se establecen conexiones con el resto de áreas cerebrales. Por eso el ambiente acústico es muy importante para su futura conducta.

La mielinización de las vías nerviosas que llegan a la corteza auditiva se completa a los cinco años de edad, pues se considera que entonces la capacidad auditiva del niño es la misma que la del adulto. Por un lado, la anatomía del oído infantil alcanza las dimensiones y proporciones del adulto y, por tanto, la posibilidad de percibir el mismo espectro sonoro se iguala. Por otro, no solo ha aprendido a discriminar, interpretar y analizar los sonidos para responder a ellos adecuadamente, sino que también puede detectar y localizar con precisión la fuente de sonido.

Resulta llamativo que la corteza cerebral auditiva, en concreto la zona más especializada en la comprensión del lenguaje, o *área de Wernicke*, esté situada «en medio» del resto de áreas corticales. Ocupa la parte superior del lóbulo temporal, probablemente el mejor sitio para tener cerca las áreas especializadas en la sensibilidad táctil —corteza somato-sensitiva—, visual, gustativa y olfativa, además de tener conexiones importantes con las áreas motoras. No puedo resistirme a pensar que esta situación anatómica facilita que nuestras sensaciones se conviertan en palabras: el lenguaje como andamio de nuestras ideas, como integrador de la información sensorial que recibimos.

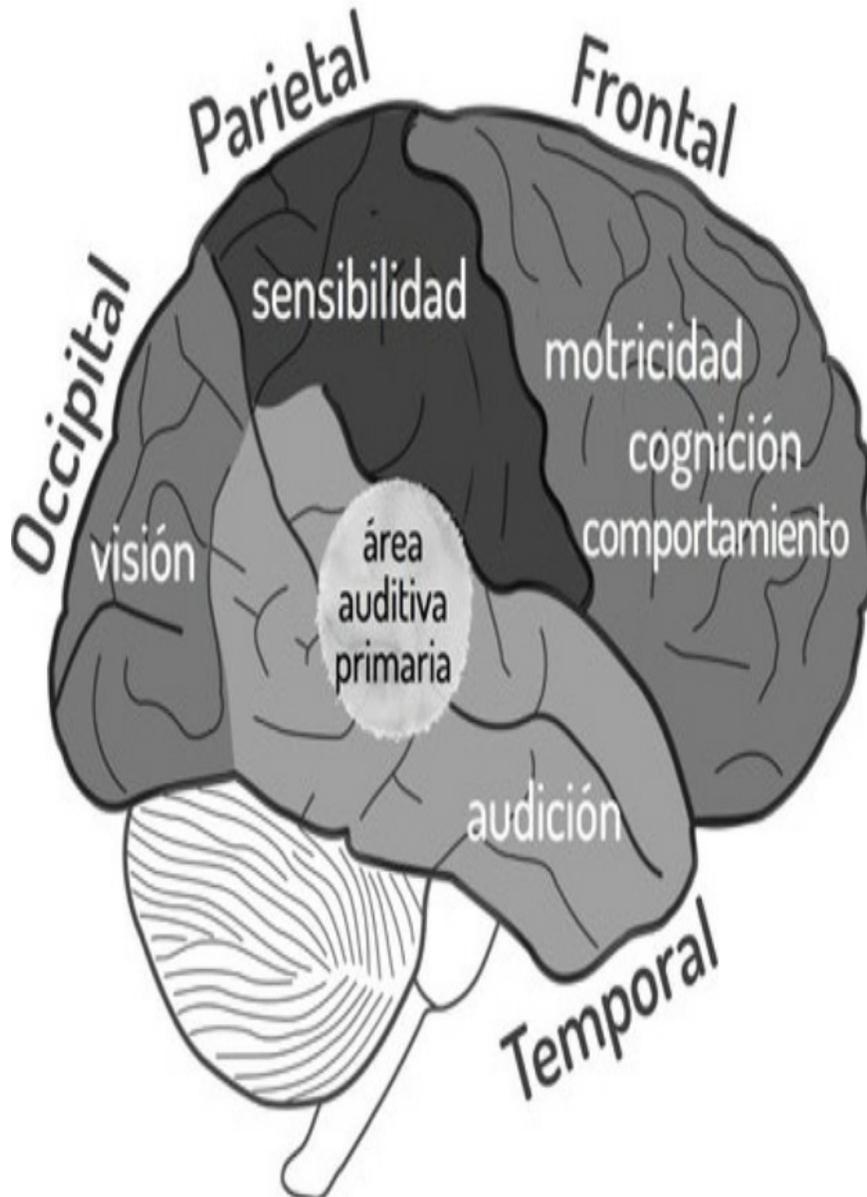


Figura 11.3. Cerebro lateral, corteza auditiva

Si el sistema auditivo resulta enrevesado, ¿qué decir del visual? Después del cerebro, los ojos son tal vez los órganos más sofisticados del cuerpo. Aunque desde el punto de vista anatómico han completado su formación hacia la vigésima quinta semana de gestación, los ojos no emprenden su actividad hasta después del nacimiento, porque nunca han visto la luz. Aquí no hay entrenamiento previo, todo está por estrenar. Para que la vista funcione, el ojo ha de ponerse a ver y, como sucede con el resto de los sentidos, aprender es largo y difícil. Progresivamente, se desarrolla la

percepción del contraste, de la resolución, de la velocidad de movimiento, de la orientación y de la profundidad, atributos que permiten asignar a un objeto las nociones de color, textura, tamaño y forma. Como los ojos se mueven para escudriñar todo el campo visual, es necesario controlar su movimiento, y esto está muy relacionado con el mantenimiento de la atención, imprescindible para asimilar el significado de la información visual y reaccionar en consecuencia.

De esta abundancia surge la riqueza visual humana. La vista nos aporta casi todos los datos que recibimos y necesitamos para comprender y desenvolvemos en nuestro medio. Quizá por eso se suele decir que una imagen vale más que mil palabras, ¿no?

Por supuesto, la visión del recién nacido está controlada también por el tronco encefálico, cuya misión es detectar la presencia de un objeto, mientras que el desarrollo progresivo de la corteza y sus conexiones permitirá definir qué es ese objeto, para aprender a reaccionar de forma adecuada cuando se nos presenta.

A menudo se dice que los recién nacidos son ciegos, pues tienen una visión adaptada a la oscuridad del útero y, hasta el momento de nacer, se bastaban con ella. Tras el parto, ven borroso porque su *agudeza visual*, o acierto para distinguir dos puntos separados, solo alcanza el 5 % de la del adulto. Con una visión tan pobre, solo ven luces y manchas, una información demasiado escasa y parcheada. Gracias a la respuesta automática que les ofrece el tronco del encéfalo, pueden distinguir y seguir el movimiento de un objeto. Su olfato, tacto y audición están bastante más entrenados, así que si el movimiento procede de una cara humana parlante, le prestarán más atención que a otra cosa, y como la cara que más a menudo ven es la de la madre, pronto empezarán a reconocerla. La luz que reciben las neuronas de la retina estimula la formación de conexiones con la corteza visual, de modo que la agudeza visual mejora muy rápido y cada vez se distinguen mejor los detalles. Hacia los seis meses, su agudeza visual es bastante buena, aunque no alcanza el 100 % hasta los cinco años de edad.

A medida que la corteza toma el control, las imágenes de la retina se le representarán con mayor nitidez. Pero, dado que tenemos dos retinas, se generan dos imágenes, casi idénticas pero con un foco separado por algo más de un centímetro, que corresponde a la anchura de la nariz. Esta visión binocular permite percibir la profundidad de un objeto y ver en tres

dimensiones, característica que se empieza a desarrollar hacia los tres o cuatro meses de vida y se calcula que es plena hacia los cuatro o cinco años.

Los humanos tenemos un sexto sentido, del que se habla poco porque su órgano receptor está bien oculto dentro de los músculos y articulaciones. Es el *sistema propioceptivo*, que informa al cerebro de la postura de cada parte del cuerpo. Su desarrollo sucede paralelo al de la destreza motora para facilitar una movilidad cada vez más precisa y eficaz.

Con la maduración gradual de su sensorio, el niño va tomando conciencia de su propio cuerpo al tiempo que asimila el mundo que lo rodea. Aunque el perfeccionamiento funcional de cada uno de los sentidos sigue el programa genético que le corresponde, está fuertemente enlazado al de todos los demás, de manera que si hay interferencias en el de uno de ellos, la deficiencia no se limitará a la percepción afectada, sino que se alterará el circuitaje que se está formando en todo el cerebro.

Capítulo 12:

La hacedora de ideas

Quizá el modo con que se adquieren las destrezas manipulativas sea el ejemplo más claro de esta coordinación e interacción imprescindibles que deben suceder durante el desarrollo de los sentidos.

Cuando queremos coger un objeto, nuestro sistema de coordenadas visuales define su posición respecto a la de nuestra mano, que sabemos dónde se encuentra gracias a la combinación de informaciones que el sistema propioceptivo y el táctil envían constantemente al cerebro. Enseguida las informaciones sensoriales se combinan para generar el movimiento preciso que la mano necesita para alcanzar el objeto. Dominar este movimiento tan simple y cotidiano lleva a los humanos casi un año, y entre cuatro y seis utilizar con un mínimo de destreza las herramientas manuales, como por ejemplo un lápiz.

Durante el neurodesarrollo de la manipulación, suceden muchas cosas de forma simultánea. A nivel perceptivo, el niño debe adquirir primero la noción de su propio cuerpo, ya que distinguir entre las sensaciones corporales y las que proceden del exterior le permite percibir los límites de su cuerpo y su postura en el espacio. A la vez, debe ser capaz de comprender las dimensiones del espacio y la posición de los objetos que lo ocupan, tanto entre ellos como respecto a su cuerpo. Con la experiencia, irá dándose cuenta de que el tamaño, textura, peso y movimiento de los objetos requieren gestos y esfuerzos distintos para que pueda agarrarlos con éxito. Por otra parte, a nivel motor, el brazo y la mano deben liberarse de los reflejos primitivos, el

tónico asimétrico del cuello y el de prensión palmar, y al mismo tiempo conseguir un tono armónico entre los músculos flexores y los extensores. Mientras avanzan, los aprendizajes sensoriales y motores van regulándose mutuamente y, lo que es más importante, se establece la coordinación entre el movimiento manual y el sentido de la vista.

Esta integración entre lo sensorial y lo motor empieza ya en el recién nacido, que de forma automática dirige la mano hacia un objeto, aunque la mantiene cerrada. Durante los dos o tres primeros meses de vida, la vista y la mano no actúan de forma conjunta, sino que van cada una por su lado. Con la vista, mira los objetos que lo rodean, presta más atención a los que se mueven y el movimiento de sus ojos sigue el del objeto, pero no hace ademán de tocarlos. Por otro lado, sus manos tocan muchos objetos, pero no mira lo que toca. Con la progresiva desaparición de los reflejos primitivos y el avance del balance muscular, los movimientos de sus extremidades superiores pierden brusquedad y el bebé empieza a jugar, a experimentar con sus manos. Hacia los tres meses de edad, se las coge, las junta, las separa, las estira y, sobre todo, empieza a mirarlas. Aún no es consciente de que forman parte de su propio cuerpo y, mientras las mueve, las sigue fascinado con la mirada, como si fueran un objeto extraño y nuevo. Cuanto más las mueve, más evidente se le hace que es él mismo quien ordena su movimiento, y cuanto más las mira, mejor comprende que puede moverlas hacia donde quiera. Así va desarrollando la coordinación entre la vista y la mano, hasta que por fin descubre que puede dirigir la mano hacia el objeto que está mirando y cogerlo. En resumen, el desarrollo de la coordinación entre la vista y la mano consta de tres fases. En la primera, la mano y la vista actúan sin ninguna relación entre ellas. En la segunda, la vista sigue a la mano. Y en la tercera, es la vista la que dirige la mano.

La coordinación mano-vista es progresiva y cada vez más precisa. En los primeros intentos, el gesto de dirigir la mano y coger un objeto se compone por una secuencia de pequeños movimientos, con los que va acercando la mano al objetivo y, supervisado por la vista, hace pequeñas correcciones en su trayectoria, que en vez de ser recta será ligeramente circular. Esto se debe a que el ojo está aprendiendo a calcular las distancias, de modo que aún se equivoca. Cuanto más entrena, mejor fluye el movimiento, hasta que consigue llevar de una sola vez la mano hacia el objeto.

También el agarre va mejorando su precisión, tanto respecto al movimiento

individual de los dedos como al control de la fuerza de prensión necesaria para sostener y levantar un objeto. Mientras dirige su mano a un objeto, el bebé de tres meses la mantiene abierta por completo hasta que lo alcanza, y solo entonces la cierra flexionando todos los dedos al mismo tiempo. Pero lo sujeta estrujándolo con una fuerza excesiva, porque los mecanorreceptores táctiles de las yemas aún no son precisos en su percepción. Durante los meses siguientes, desarrolla la capacidad de mover sus dedos de forma individual, de manera que entre los nueve meses y el año consigue sostener un objeto pequeño entre el pulgar y el índice, que actúan formando una pinza. Por fin, hacia los dos años, la precisión es tan alta que empieza a cerrar su mano antes de contactar con el objeto y aplica la fuerza justa para sostenerlo.

«La coordinación mano-vista es progresiva y cada vez más precisa».

Capítulo 13:

De la percepción a la palabra

Mientras adquiere el dominio postural, sensorial y manipulativo, el bebé se hace una idea del mundo. La información mecánica, lumínica y química procedente de los objetos genera nuevas conexiones que, extraordinariamente ordenadas y jerarquizadas, le permiten clasificar todas estas impresiones novedosas y almacenarlas en la corteza cerebral. Siguiendo las instrucciones del programa genético, cada sinapsis va colocándose en su sitio para integrarse al circuito sensorial correspondiente a su naturaleza: olfativo y gustativo, táctil, auditivo y visual. De esta manera, el bebé puede contrastar cada sensación que recibe con la información almacenada para clasificarla. Si le resulta conocida, la identifica de manera correcta, y si es novedosa, genera una nueva conexión. Poco a poco, las sinapsis se entrelazarán entre sí, compartiendo su información para que el cerebro pueda «sumar» todos estos datos y producir una representación mental de los objetos. Pero lo que almacena son los datos, no su suma, y vuelve a agregarlos cada vez que se presentan juntos, como las piezas de un puzle, para de este modo evocar una memoria. A medida que se configura la corteza cerebral, el niño puede hacer una representación mental de su cuerpo y lo que lo rodea. En este sentido, la corteza cerebral «mentaliza» el cerebro y, como toda ella está formada por memorias, podemos decir que da coherencia a la historia del individuo, le da continuidad y permite la noción del yo.

La intrincada trama sináptica que forma la génesis de estas nuevas conexiones no solo sirve de soporte a las experiencias, sino que además

aumenta el volumen cerebral. Literalmente, el saber sí ocupa lugar, así que las sinapsis que no se usan se desconectan y desaparecen. Para «ahorrar espacio» y aumentar la eficacia de este proceso, pronto aparecerá la capacidad de simbolización. Una competencia propiamente humana que nos permite sustituir la representación mental de un objeto o un concepto por un signo que podemos compartir, comunicar a los demás. La palabra es un elemento principal de simbolización, y con palabras construimos el lenguaje verbal, pero no es el único.

Al asimilar la información, interiorizamos el mundo en nuestro cerebro y podemos pensarla, es decir, analizarla, reflexionar sobre ella, transformarla e incluso crear ideas nuevas. El interés por comunicar a otros esta información se deberá, o bien al deseo de mostrar nuestras emociones y nuestra disposición colaborativa —función de interacción—, o bien a la necesidad de compartir información, saberes y habilidades —función de transacción—. El tipo de información y el interlocutor serán determinantes a la hora de transmitir el mensaje, y así elegiremos el lenguaje más adecuado a cada ocasión. Aunque «hablando se entiende la gente», porque hablar es la forma natural de comunicarnos y nos permite expresar casi todo, el idioma concreto en que hablamos es una asimilación cultural, como lo son la escritura, la danza y los lenguajes matemático, pictórico y musical, y requiere un esfuerzo para su práctica. También las coordenadas de un mapa o las señales de tráfico transmiten mensajes e ideas, o el tono «ocupado» del teléfono, o los emojis del Whatsapp... Seguro que se nos ocurrirían muchos más ejemplos.

Lenguaje es todo lo que permite comunicar a los demás el mundo interiorizado en nuestra mente a través de signos convenidos de antemano. Signos lingüísticos y no lingüísticos, síntesis de sensaciones y significados que agilizan los procesos mentales y la comunicación. El signo es una construcción presente en todas las manifestaciones de la cultura, en la que hay que estar iniciado para comprenderlo. Sin signos, no hay pensamiento.

El precursor de esta idea fue el filósofo estadounidense Charles Sanders Peirce (1839-1914), para quien un signo tiene tres componentes: el *objeto* representado, el *signo* que lo representa y el *intérprete* que lo descifra. En el momento que el intérprete percibe el signo, este se representa en su mente en forma del objeto. Nace así la teoría general de los signos, o semiótica, que Peirce proponía como teoría universal del conocimiento. Para Peirce, el signo es «lo que al conocerlo nos hace conocer algo más», es decir, no es la simple

imagen de un objeto, sino que necesita la participación activa de quien lo percibe para cobrar significado. También el lingüista suizo Ferdinand de Saussure (1857-1913) se ocupó del asunto de los signos. Preocupado por diferenciar el lenguaje del habla, define la lengua como un sistema de signos lingüísticos y el signo como lo que «une un concepto y una imagen acústica», un *significado* con su *significante*. Propone llamar semiología al estudio de los signos y las leyes que los rigen. Ambas contribuciones son fundamentales para la teoría de los signos, pero mientras que Peirce busca un «álgebra universal de los signos» que le permita alcanzar las nociones básicas de cualquier ciencia —*semiótica*—, Saussure se circunscribe al signo lingüístico para fundamentar la lingüística —*semiología*—.

El genial e inclasificable pensador italiano Umberto Eco (1932-2016) va más allá, pues se plantea la semiótica como el estudio de los seres humanos en tanto productores de signos. Los signos se perciben a través de los sentidos, portan un significado y, a su vez, permiten crear una cultura exteriorizando y plasmando al hombre y su realidad. Nos hace notar que vivimos rodeados de signos que intervienen en las relaciones interhumanas, que la sociedad es «signada». Eco se pregunta «si son los signos los que nos permiten vivir en sociedad o si la sociedad en que vivimos no es otra cosa que un complejo sistema de signos». Su extensa bibliografía trata múltiples temas que lo llevan de la necesidad del habla a las ambigüedades de la comunicación, de la cultura como un asunto aristocrático a la cultura de masas. Eco aborda la búsqueda de la precisión en el uso del lenguaje escrito, ya que tanto el escritor como el lector interactúan con el signo según su contexto personal, así que elegir una palabra y no su sinónima puede provocar efectos distintos y alterar el concepto en el lector. En su novela *El nombre de la Rosa* escribe: «El bien de un libro consiste en ser leído. Un libro está hecho de signos que hablan de otros signos que, a su vez, hablan de las cosas. Sin unos ojos que lo lean, un libro contiene signos que no producen conceptos. Y, por tanto, es mudo».

El bebé aprende, pues, en un contexto cultural, familiar e individual único, y con cada nueva impresión aumentan las conexiones corticales que almacenan sus vivencias. Cuando surge una situación nueva, responde con su experiencia, incorpora información del pasado a sus acciones y la adapta a las circunstancias actuales para resolverla de forma cada vez más solvente. La corteza del recién nacido apenas almacena recuerdos, así que huele, chupa,

toca, oye y mira, escudriña el espacio asimilando y procesa la información con la que organiza sus respuestas mientras el control gradual de su postura incrementa sus posibilidades de explorar y aprender. La conciencia del niño pequeño está limitada por sus sentidos, y solo puede imaginar lo que es concreto, palpable, lo que sucede ante sí. Carente aún de palabras, su pensamiento consiste en representaciones sensitivas que ordena por impresiones, ya que le resulta muy difícil asimilar conceptos abstractos. Al no poder nombrar sus ideas, comparte la información que posee imitando gestos y sonidos, que también usa para pedir cosas y expresar su estado emocional. Sus respuestas son, pues, también concretas.

Expuesto al habla humana desde antes de nacer, poco a poco comprenderá que esos sonidos tan característicos son el código con el que expresar sus ideas, que las palabras representan las cosas que percibe y, a partir de esta nueva intuición, expande su facultad de pensar. A su lenguaje sensorial añade ahora una nueva dimensión verbal que le permite pasar de lo concreto a lo abstracto, de lo presente al recuerdo o a la planificación. También la lógica y las emociones cobrarán una nueva dimensión a medida que las ideas puedan simbolizarse mediante palabras. Al empezar a añadir palabras a su lenguaje, el niño asienta sus pensamientos y redefine su mundo, lo que le facilita su comprensión. No solo puede empezar a conversar con los demás, también puede hacerlo consigo mismo, y en su conversación interna el cerebro usa las palabras para aprehender el mundo.

Y es así como parece que funciona, porque las ideas se expresan con palabras que a su vez evocan otros procesos mentales, otras ideas, y se asocian a emociones, al movimiento y a las sensaciones. El cerebro, como órgano integrador, fusiona, sintetiza toda esa información, y responde. Si, por ejemplo, escuchas decir que alguien chupa un limón, formarás esa idea en tu mente y te pondrás a salivar, tal y como sucede cuando lo haces en realidad.

Mediante técnicas avanzadas de resonancia magnética funcional, se puede detectar qué zona de la corteza cerebral se activa al escuchar una palabra. Es decir, gracias a técnicas especializadas de neuroimagen, podemos «ver» las palabras en la corteza cerebral e intentar dibujar un mapa del conjunto de regiones implicadas en el significado de las palabras y del lenguaje, lo que sería el *sistema semántico* del cerebro. Es una buena idea que se le ocurrió poner en práctica a Jack L. Gallant en su laboratorio en la Universidad de California. Gallant tomó siete voluntarios y registró los cambios que se

producían en su corteza cerebral mientras escuchaban una historia grabada. Todos escucharon las mismas dos horas de narración y la activación cortical fue tan similar en todos ellos que pudo determinarse dónde estaba localizada cada palabra. Pero esta similitud cortical no resultó lo único sorprendente. Lo más increíble fue que las palabras no activaban solo neuronas del lóbulo temporal, las más especializadas en el lenguaje, sino que había actividad en la superficie de todo el cerebro. Además, una misma palabra excitaba regiones cerebrales muy separadas entre sí según el significado que esa palabra tenía en el contexto de la historia, ya que las palabras tendían a localizarse en zonas concretas de la corteza según sus categorías conceptuales. Por ejemplo, la palabra inglesa *top* activaba una porción de la corteza cerebral que parece responder a palabras asociadas con la ropa —una de las acepciones de *top* en español es «camiseta»— y el aspecto —otra de sus acepciones: «figura principal»—, también a otra zona relacionada con números y medidas —«primer lugar, máximo, mucho»— e incluso a una tercera relacionada con edificios y lugares —«techo, tejado, cubierta, cumbre»—. De manera que, según este estudio, las diferentes partes de la corteza cerebral parecen especializadas en diferentes conceptos y tipos de palabras, relacionadas a su vez con la ocupación principal de esa región cortical. Así, palabras que definen el aspecto de las cosas están en relación con el córtex visual y palabras que aluden a la familia con la unión temporoparietal derecha. Todo el cerebro participa en la representación mental del lenguaje, aunque cada área es más sensible a determinadas categorías semánticas.

Pero, precisamente debido a su inmadurez cerebral, el bebé es todavía incapaz de ejecutar determinados procesos mentales, y por eso no es adecuado atribuir su conducta a operaciones cognitivas propias del adulto. Sin embargo, tendemos a pensar que es así, y este «error» beneficia al niño porque se enriquece de experiencias que le exigen respuestas más elaboradas y activan el programa genético neuronal que impulsa su neurodesarrollo. Sucede, por ejemplo, cuando una madre habla a su hijo como si fuera a entenderla y, además, interpreta los ruidos y sonidos que emite como si tuvieran sentido. De ese modo, facilita y entrena la formación de conexiones que albergarán el lenguaje. También el propio niño busca estímulos nuevos, demandando de los adultos la mayor atención posible. Aunque, sobre todo, reclama a su madre, su referente principal, también requiere a otros que habitualmente le cuidan y son importantes para su bienestar. Enseguida

aprende cuál es la mejor forma de atraer la atención de cada uno de ellos, y así surgen los primeros intentos de comunicación. Sin palabras, sin lenguaje verbal, los mensajes del recién nacido usan otros signos que se aprenden ya desde el primer abrazo de la madre, deseosa de responder a cualquier señal que le envíe su hijo. Tacto, mirada, gestos... Todo sirve para transmitir al bebé que su madre está ahí, y a la madre para empezar a conocer a su hijo, pero son los sonidos los que provocan mayores y más inmediatas reacciones. Cuanto más le habla su madre, más elaboradas son las vocalizaciones con las que le responde, y esto aumenta el interés de ella en comprenderlo. Se entabla así una «conversación», imprescindible para que el neurodesarrollo avance. Además, la respuesta de la madre varía según sea el sonido que emite el bebé: llanto, gritito, gorjeo, gemido, chillido, balbuceo, risa, hipido, gruñido, canto, pedorreta y vocalización. De todo este catálogo, el más estudiado es el llanto, y también el más precoz, pues ningún recién nacido habla, pero todos lloran. Ya vimos que la reacción natural de cualquier madre cuando su hijo llora es tomarlo en brazos para confortarlo, y lo siguiente es averiguar por qué llora, para darle lo que necesita. Parece como si las madres tuvieran, o debieran tener, un sexto sentido para saberlo, pero ¿hasta qué punto es así?

El recién nacido aumenta muy rápido su repertorio de llanto: a los pocos días de vida ya se aprecia que unas veces es más agudo, otras más largo, otras continuo, otras entrecortado... Se han descrito siete tipos de llanto, correspondientes a otras tantas situaciones: nacimiento, dolor, hambre, separación, placer, enfado y susto. Parece que son la expresión facial y el contexto las que permiten identificarlos, porque a ciegas todo se complica mucho y entonces solo podemos reconocer los sonidos que expresan emociones negativas, pero no definir su causa. ¿Será dolor?, ¿hambre?, ¿miedo? Tanto hombres como mujeres «comprendemos» por igual, pero nadie es infalible, aunque la juventud, la maternidad o la paternidad confieren una cierta ventaja. Experimentos aparte, no es necesario adivinar, basta con querer aprender. La madre que acostumbra a hablar a su hijo y fijarse en su reacción —cambio en la postura, expresión facial, movimiento de extremidades...— tiene muchas más posibilidades de entender lo que le quiere decir cuando llora. Por eso casi todas las madres saben por qué llora su hijo y aciertan en sus cuidados. Y por eso el bebé deja de llorar en cuanto oye la voz de su madre, pues la experiencia le dice que enseguida tendrá sus necesidades satisfechas. Así que cuando ella le habla, la escucha calmado y

atento, dándose la oportunidad para que avance el desarrollo de su lenguaje. También lo que «dice» el bebé influye en la respuesta de la madre. Si llora o sus vocalizaciones indican malestar, ella se pone en alerta, mientras que, si lo ve sonreír, se siente feliz y en calma.

La sonrisa y la mirada son dos de los lenguajes no verbales más potentes con los que contamos los humanos. Aunque capaces de sonreír desde el momento en que nacemos, esas primeras sonrisas son automáticas, respuestas motoras que da nuestro tronco del encéfalo antes de entregarse al dominio cortical. Es hacia los dos meses de edad cuando el bebé sonríe ya con intención, y responde así cuando le hablamos, lo miramos, lo acariciamos o le sonreímos, ya que es una de las formas que tiene de reclamar y captar nuestra atención de adultos, y a partir de los tres meses se le empieza a dar muy bien. Si además de sonreír nos regala alguno de sus sonidos, tendrá éxito seguro, pues caeremos embelesados, rendidos a sus encantos.

Sonreímos con la boca, pero pronto se detecta la falsa sonrisa si no la acompaña esa chispa en los ojos. Porque también la mirada es una herramienta de

«La sonrisa y la mirada son dos de los lenguajes no verbales más potentes con los que contamos».

comunicación fundamental que se impondrá poco a poco con la progresiva mejoría de la agudeza visual y al recién nacido pronto le será fácil distinguir el iris de quien le habla. Ese círculo de color que tan bien destaca sobre el blanco de los ojos, conocido como *esclerótica*, le llama mucho la atención, y antes del mes ya fija su mirada en él y sigue su movimiento. No importa el color de los ojos, porque todos contrastan mucho sobre el fondo blanco. Lo que importa es el tamaño del blanco de alrededor que, comparado con el de la mayoría de mamíferos, en los humanos es tan grande que nos facilita apreciar hacia dónde dirige la mirada una persona, incluso si se encuentra a gran distancia. Permite una interacción, sin necesidad de contacto físico ni de hablar, para coordinar nuestras acciones con las de los otros, lo que convierte la mirada en una forma de comunicación ideal para las actividades de colaboración sociales.

Los ojos del adulto son, pues, reclamos perfectos para el bebé, que, aunque aún no ve nítido, distingue sin problemas nuestro iris. Como le llama la atención, nos mira a los ojos, pero también a la cara, que se mueve mientras

gesticulamos. De esta manera, pronto descifrará las emociones que acompañan a las palabras y que expresamos con la mímica facial. Hacia los seis meses, prefiere mirar a las personas antes que a los objetos, y se da cuenta de que la expresión facial es cambiante, por lo que empieza a diferenciar unas de otras. Primero, distingue las seis básicas: alegría, tristeza, ira, sorpresa, asco y miedo; luego, sus incontables combinaciones. Todavía no entiende lo que significa cada una de ellas y será sobre todo su madre, que actuará acorde a sus gestos, quien lo ayude a comprenderlo. Una vez conozca su significado, será él mismo quien las utilice para expresarse. En un momento en que todavía no hay lenguaje hablado, la mímica facial resulta de gran ayuda.

Los ojos sirven tanto para ver como para que nos vean. Y, al atraer la atención hacia nuestra mirada, conseguimos que el otro se percate de nuestras emociones, pero también que comparta nuestros intereses si le hacemos seguir la dirección de nuestros ojos. «Mirar entre dos», dirigir ambos la atención hacia un interés común, permite compartir e intercambiar información sobre lo mirado. Es decir, permite aprender. Al mirar a su madre y observar sus expresiones, el niño infiere los sentimientos propios y ajenos, a la vez que empieza a seguir la dirección de su mirada y a fijarse en lo que ella mira. A partir de los nueve meses, identifica ya la intención del adulto que le señala un interés común. Esto significa que el bebé demuestra que comparte su atención cuando, al mostrarle el adulto un objeto, responde mirando primero el objeto y luego otra vez a la persona que se lo ha mostrado. No basta con que el niño mire al adulto mientras le habla, ni que los dos miren el mismo objeto. El niño debe deducir que el adulto quiere que preste atención al objeto y que por eso ambos lo miran, así que al devolverle la mirada, el niño informa de que ha interpretado la consigna de prestar atención. Esta «atención compartida» es imprescindible para los aprendizajes sociales, ya que pone de manifiesto la facultad de seguir la mirada de otra persona e identificar su intención de establecer una referencia común. Seguir la mirada de otro implica que se ha comprendido la relación entre la actividad mental y el acto físico de ver. Y compartir la atención evidencia que ha seguido los procesos mentales de la otra persona.

En cuanto el niño comprende que puede llamar la atención de otros sobre sus propios intereses, empezará a usar gestos para reclamarla. Podemos asegurar que, cuando el niño señala objetos con el índice mientras busca con

su mirada a otro para comprobar que también lo mira, es porque ha entendido que ambos comparten los mismos procesos mentales. Casi todos los niños lo consiguen alrededor del año, y es un logro imprescindible para la comprensión y consecución del lenguaje, así como para el desarrollo de la desenvolvoltura social y las aptitudes emocionales.

Cuando la sonrisa y la mirada se acompañan de sonidos, la madre presta aún más atención al bebe. Y se ha comprobado que los sonidos que emite el niño modifican la respuesta de la madre: si el bebé emite sonidos vocales, ella responde con otros sonidos vocales, y si emite consonantes, ella lo imita. Parece indudable el papel regulador de la madre en el desarrollo de la comunicación y, sobre todo, del habla, cuya aparición progresiva sucederá de forma natural si se da el marco propicio para que el niño pueda practicarla.

Recordemos que lenguaje y habla no son lo mismo. El lenguaje sintetiza una idea en una palabra que el habla transforma en un sonido articulado. Hablar supone, pues, la transformación de un concepto mental en energía mecánica, en sonido, y este proceso requiere la participación de todo el cerebro, pero en especial del sistema motor. Los labios, la lengua, el paladar, la úvula, la epiglotis, las cuerdas vocales... todos los elementos móviles del aparato fonatorio deben colocarse en una posición determinada y apoyarse en los elementos fijos —paladar duro y dientes— para permitir que el aire al pasar silbe, vibre, resuene, se frene, tenga un tono agudo o grave y se produzca un sonido con sentido para quien lo recibe.



Figura 13.1. Lenguaje/habla

Para poder emitir un sonido, primero debemos diferenciarlo, y en eso no hay quien supere al recién nacido, que puede distinguir con claridad todos los fonemas de cualquier idioma, es decir, potencialmente es un hablante de cualquier lengua humana. Pero, incluso antes de nacer, la voz de su madre lo guía y, a través de su cadencia característica, el recién nacido aprende a reconocer el ritmo y la melodía de su lengua y distingue qué sonidos y secuencias sonoras son los más habituales, reforzando las sinapsis que los detectan en detrimento de las que no se usan porque nunca escuchan los

fonemas para los que están especializadas. Modelada, pues, por lo que oye, esta capacidad discriminatoria de sonidos se va afinando, de manera que hacia los nueve meses el bebé «ensordece» ante los sonidos de otras lenguas, mientras que distingue con claridad los de la suya. Se ha cerrado la ventana de oportunidad, el período crítico que le permitía establecer conexiones en las áreas cerebrales que identifican el sonido. Esto explica por qué los asiáticos no distinguen el sonido *erre*, que no existe en sus lenguas, y en su lugar usan *ele*, o por qué los europeos no discriminamos la enorme variedad de sonidos vocales de las lenguas asiáticas. Claro que podemos aprender estos sonidos, pero el esfuerzo que hemos de realizar es enorme, a diferencia de la facilidad natural con que parece asimilarlos el bebé de hasta nueve meses.

Tomemos como ejemplo más cercano al bebé que tiene el español como lengua materna. La enorme cantidad de hablantes con que cuenta nuestra lengua, alrededor de quinientos millones, y la amplia extensión geográfica que ocupan, veintiún países, facilita que tenga muchas variantes y dialectos diferenciados en sonoridad y vocabulario. Además, el estrato social y el nivel cultural también influyen en el acento y riqueza del lenguaje que tendrá un hablante concreto. Todo esto nos ayuda a comprender la dificultad de determinar con precisión cuántos sonidos tiene una lengua. En la mayoría de sus variantes, el español consta al menos de dieciocho fonemas consonánticos y cinco vocálicos. Pero cada sonido puede ser muy variable, no solo por los condicionantes socio-culturales descritos, sino también porque se modifican unos a otros al juntarlos para componer palabras. Sin embargo, la producción fonatoria no queda limitada por el idioma que uno habla. Prueba de ello son el uso de onomatopeyas, como el *¡hiaaa!* del rebuznar de un burro, los sonidos procedentes de otras lenguas, como el importado del italiano para *pizza*, o los usados por convivencia con otros idiomas, como sucede al sonido de la letra *v* en hablantes que habitan en Baleares, donde el español convive con la variante balear del catalán que sí distingue entre los sonidos *b* y *v*.

Pese a su talento para percibir cualquier fonema, el recién nacido no los reproduce aún. Aparte de llorar, emite gruñidos y gemidos cuando se mueve o está incómodo, pero poco más. A partir de los dos meses, empieza a jugar con los sonidos, sobre todo cuando hay un adulto delante, porque ha empezado a comprender que tienen un uso comunicativo. Primero «hace ajos», gorjeos, que contienen sobre todo consonantes —*jks*—, luego empieza a vocalizar —*aaa*, *ooo*, *eee*— y después alterna sonidos consonánticos y

vocálicos encadenando sílabas interminables —*ta-ta-ta, ma-ma-ma, pa-pa-pa*— a las que todavía no da significado. Hacia los nueve meses, el futuro hablante de español, que ya consigue distinguir los sonidos propios de su lengua materna, también se ha dado cuenta de que el español permite ciertas combinaciones de sonidos, pero otras no. Por ejemplo, la letra *f* se sigue a menudo de *r* o *l*, como en *fruta* o *flor*, pero no de *n* o *t*, pues no hay palabras con el sonido *fn*, y la combinación *ft* es muy infrecuente —*afta, oftalmólogo, naftalina*—, además de que nunca se encuentra como inicio de palabra.

Todo esto lo aprende basándose no solo en lo que oye, sino también en lo que ve. Se fija en los movimientos de la boca, desde la apertura y disposición de los labios hasta la colocación de la lengua, y también en los gestos. Gracias a esta información sonora y visual, aprende también a captar el mensaje emocional de su interlocutor.

El silabeo encadenado que aparece hacia los nueve meses, irá disminuyendo su longitud hasta que se limita a dos sílabas. Sus primeras palabras con intención, que suelen ser *mamá* y *papá*, las dice por primera vez hacia los doce meses de edad. Para entonces, ha empezado a comprender el significado de algunas palabras, sobre todo las cortas y limitadas a una o dos sílabas.

La mayoría de los idiomas del mundo utiliza los diminutivos *mamá* y *papá* para referirse a madre y padre. Es un llamativo hecho que constató el antropólogo estadounidense George Peter Murdock, cuando publicó en 1959 una relación de 1072 términos, cuya inmensa mayoría eran combinaciones consonante-vocal y solo en el 1,1 % de los casos se agrupaban en consonantes. De los 531 que hacen referencia a la madre, el 85 % utilizan consonantes nasales —*mama, nana*—, y de los 541 utilizados para el padre, lo más frecuente es el uso de consonantes oclusivas —*papa, baba, tata, dada*—. Murdock mostró sus contundentes datos en un seminario de Lingüística, celebrado durante la primavera de 1959 en la Universidad de Stanford (California) y retó a los asistentes a que encontraran la razón del asunto. Roman Jakobson, un célebre lingüista ruso presente en la reunión, recogió el guante y le dio la réplica ese mismo año en otro seminario también celebrado en Stanford.

En su razonamiento, Jakobson señala que en las primeras etapas del lenguaje los bebés no usan grupos consonánticos, sino combinaciones de consonante-vocal, sobre todo grupos con una consonante que requiere el

cierre completo de la boca en oposición a una vocal que la abre al máximo. Esto tiene bastante sentido: imagínate a ti mismo cuando eras un bebé de pocos meses y empezabas a experimentar con los sonidos. La movilidad de tus labios y lengua era aún torpe, y hacerlo de manera coordinada te resultaba difícil, pero sí sabías abrir y cerrar la boca, y ya habías practicado los ruidos vocálicos y consonánticos, lo que implica un buen principio para empezar a jugar. ¿Qué pasa si suelto el aire por la nariz y luego abro la boca? ¿Y si la cierro apretando los labios y la abro rápido mientras suelto el aire? Pues ya lo tienes, con tus limitados movimientos ya puedes decir algo: *ma-ma-ma-ma* o *pa-pa-pa-pa*.

Por otra parte, Jakobson enfatiza que los adultos adaptamos nuestra forma de hablar a la de los bebés, usando una jerga que mezcla sonidos y entonaciones utilizados por ellos para ajustarnos a su habla y establecer un código común. Ahora imagina a tu madre o a tu padre escuchándote mientras jugabas así con los sonidos, algo que hacías, como todos los bebés, sobre todo cuando ellos estaban presentes. El resultado era el que cabía esperar: tus padres interpretaban esos sonidos como que los estabas llamando. Podríamos afirmar que así es como los padres tienden a asociar los primeros sonidos que emiten sus hijos a un intento por nombrarlos.

De acuerdo, pero ¿por qué en casi todas las culturas *mamá* se refiere a la madre y *papá* al padre, y no al revés? Jakobson también ofrece una explicación: el sonido *mmm* suele emitirlo el bebé cuando está hambriento, y la que le da de mamar es su madre. También teoriza Jakobson que las palabras *madre* y *padre* se formaron a partir de la jerga del bebé, y que las lenguas de raíz indoeuropea añadieron el sufijo *-ter*, que indica parentesco: *ma-ter* y *pa-ter*.

Como curiosidad, en georgiano *deda* es «mamá» y *mama* significa «papá», justo al revés de lo esperado. Parece que siempre hay excepciones que confirman la regla.

Esta explicación sobre la abrumadora preferencia por las palabras *mamá* y *papá* en tantas lenguas parece mucho más plausible que la opuesta, la que defiende que precisamente este hecho contribuye a probar el origen común de todas las lenguas, como recogen las narraciones fundacionales de varias culturas. Entre ellas, la de nuestra tradición judeocristiana, que lo refleja en el conocido relato bíblico sobre la torre de Babel.

Son justo las palabras *papá* y *mamá* las que los padres suelen identificar

con el momento en el que su hijo inicia el lenguaje. Aunque, como hemos visto, empieza en realidad mucho antes con la comunicación preverbal, y aún quedan años de recorrido para dominarlo. Por eso resulta más difícil a los padres precisar el momento en el que su hijo empezó a hablar que indicar la edad a la que empezó a caminar.

Parece, pues, que la primera palabra que dice un niño es fruto de sus juegos de articulación, y que sería la madre la que le otorga el sentido: *mamá*. Cuando el niño dice «*mamá*», su madre acude y le responde, y el niño, que percibe la relación causa-efecto, empieza a usar esos sonidos para reclamar a su progenitora. Es inevitable que empiece a fijarse en que otros sonidos tienen otros significados, de modo que enseguida intentará repetirlos también. Lo más fácil para el bebé es identificar y comprender palabras que designan objetos o situaciones cotidianas, como *agua*, *pan* o *dormir*, y que por tanto puede representar en su mente sin dificultad. El proceso es lento, ya que primero necesita aislar las palabras entre el discurso de sonidos encadenados del adulto. Los hablantes experimentados enlazan una palabra con la sucesiva, sin pausa entre ambas, así que al niño le resulta difícil concretar dónde acaba una y empieza la siguiente. Luego, una vez identificada la palabra que nombra un objeto, debe aprender a colocar los elementos del aparato fonador en la posición correcta para pronunciarla bien, lo que le llevará un tiempo. De esta manera, despacio pero sin pausa, el niño va ampliando su vocabulario, y durante los siguientes meses se expresa mediante palabras sueltas. Aunque a veces puede parecer que empieza a unirlos, en realidad emite sonidos que él percibe como si fueran una sola palabra, como por ejemplo *yatá* por *ya está*.

Ese momento mágico, el de la primera palabra con sentido, abre al niño la posibilidad de pensar, identificarse y comprender que el lenguaje es el sustento de sus procesos mentales. No sabemos muy bien cómo surge esa magia, pero tenemos testimonios personales que describen ese instante único en el que la persona es consciente de que comprende la naturaleza, significado y utilidad de una palabra.

Quizá el caso más conocido sea el de Helen Keller, una mujer estadounidense nacida en 1880, perfectamente sana, en su casa de Tuscumbia, una pequeña ciudad de Alabama donde su padre tenía una plantación de algodón. Hasta los diecinueve meses, su neurodesarrollo fue normal. Como cualquier otro niño, aprendió a caminar y a decir sus primeras

palabras, pero entonces enfermó. Se trataba de una «congestión aguda del estómago y el cerebro», o lo que hoy llamaríamos *encefalitis* o *meningitis*, con una fiebre muy alta que la postró por completo y le causó una ceguera y sordera absolutas. A pesar de sus carencias, siguió desarrollándose y, mediante el tacto y el olor, aprendió a conocer los objetos y las acciones cotidianas, pero en el silencio y oscuridad más absolutos no podía saber que tenían nombres, así que usaba señas que solo entendían su madre o Martha, la hija de la cocinera. Aunque comprendía lo que sucedía a su alrededor y reconocía los objetos, así como a las personas y sus acciones, se sabía diferente porque no podía hablar. A veces se situaba entre dos personas que conversaban y les tocaba los labios. No entendía nada, claro, y cuando intentaba imitar infructuosamente sus gestos moviendo la boca, se sentía frustrada ante su incapacidad para comunicarse y sufría enormes rabietas. Ella misma explica que durante las rabietas pegaba, arañaba o mordía, y aunque sabía que estaba mal, no sentía arrepentimiento y volvía a hacer lo mismo cada vez que no se cumplían sus deseos. Se desenvolvía bien en la casa y hacía pequeñas tareas en la cocina, recogía su ropa o daba de comer a las gallinas y pavos del corral. Incluso ideaba travesuras, como cuando encerró con llave a su madre en la despensa y se quedó fuera, divertida, mientras notaba cómo ella golpeaba la puerta. En otra ocasión, presa de los celos fraternos, casi tira a su hermana de pocos meses de la cuna, pero por suerte su madre estaba allí y logró evitarlo.

Sin lenguaje, no hay pensamiento, ya que la abstracción y la lógica se ven restringidas a lo sensorial, y pasado y futuro confluyen en un presente continuo con recuerdos vagos, desorganizados en el tiempo. Cuando aprendemos a hablar, no somos capaces de describir ni recordar episodios vividos en nuestros primeros años. A las personas que aprenden a hablar tardíamente les sucede lo mismo.

Como la propia Helen explica, los recuerdos de sus años sin palabras son vagos, pues es incapaz de distinguir los hechos reales de los imaginados. Cuando más adelante decide escribir su biografía, siente que «la mujer narra con su propia fantasía las experiencias de la niña». Describe la soledad de sus primeros años como absoluta y doble, ya que con seis años ha crecido «privada de la ternura y del afecto que surge de las palabras y las acciones cariñosas, del compañerismo». Entonces llegó a su casa y a su vida su maestra, Anne Mansfield Sullivan, y lo cambió todo.

Lo primero que hizo la señorita Sullivan fue regalar a Helen una muñeca. Tomó en una de sus manos la mano de la niña y apoyando los dedos de la otra sobre la palma infantil, empezó a moverlos como garabateando algo en ella. Como cualquier niña, Helen sintió interés y, al cabo de un rato imitándola, consiguió repetir los gestos correctamente. Helen aún no lo había entendido, pero ya sabía decir muñeca. Enseguida aprendió los movimientos de los dedos para muchas otras palabras, inconsciente aún de que eran palabras. La niña se limitaba a tomarlo como un juego y repetía esos movimientos sin sentido aprendiéndolos de memoria. Así pasó varias semanas, imitando, sin aprender nada nuevo. Sin relacionar los gestos con los objetos que se le presentaban. Todavía no entendía que todas las cosas tienen un nombre.

Una mañana, la señorita Sullivan trataba de enseñarle a deletrear las palabras *jarra* y *agua*, pero Helen era incapaz de diferenciar una de otra y las confundía todo el rato. La niña, cansada e impaciente, se enfadó y rompió la muñeca que le había regalado su señorita al lanzarla al suelo. No sintió pena ni arrepentimiento, solo alivio a su desasosiego, cuando notó como los trozos de la muñeca caían a sus pies. Mientras su maestra barría el desastre, ella permanecía impasible. A continuación, la profesora la llevó afuera, abrió el surtidor del agua y metió la mano de la pequeña bajo el chorro. Helen sintió que la fresca corriente fluía entre sus dedos mientras su señorita deletreaba en su otra mano la palabra *a-g-u-a*. Primero despacio, luego más rápido. Helen se quedó quieta y puso toda su atención en el movimiento de los dedos de Anna Sullivan. De pronto, comprendió que la suma de aquellos gestos significaba aquella cosa maravillosa y fría que se derramaba en su mano.

Esa palabra viviente despertó mi alma, le dio luz, esperanza, alegría, ¡la liberó! Todavía había barreras, es cierto, pero barreras que con el tiempo podrían ser barridas. Todo tenía un nombre, y con cada nombre brotaba un nuevo pensamiento.

De vuelta a la casa, las cosas cobraron otro sentido. De pronto, todo estaba vivo, pues aquella nueva visión le hacía ver el mundo de un modo extraño, distinto. El misterio del lenguaje le había sido revelado. Al entrar en la casa, recordó la muñeca rota y corrió hacia donde estaban sus trozos para intentar recomponerla, pero fue en vano. Solo entonces entendió las consecuencias de

su conducta y, por primera vez en su vida, se puso a llorar con pena y arrepentimiento.

Con tiempo y voluntad, Helen Keller aprendió a leer y escribir con el sistema braille y, tras superar muchísimos obstáculos y prejuicios, ingresó en la Universidad de Radcliffe, donde se graduó en Arte.

Las personas diversas, como Helen Keller, nos permiten profundizar en el estudio del cerebro. La vida sin palabras de Helen evidencia que el valor del lenguaje supera el de un mero instrumento comunicativo, para alcanzar la esencia de lo humano. Es verdad que sin lenguaje no podemos formularnos ideas sobre la naturaleza del universo, pero sobre todo no podemos experimentar la soledad ni hacernos con nuestra identidad. Sin lenguaje, yo no soy yo, ni tú eres tú.

Keller dejó escrito: «Cuando aprendí el significado de *yo* y *mi* y descubrí que era algo, comencé a pensar. Fue entonces cuando la conciencia existió por primera vez para mí».

Explicar a otro el significado de *yo* es realmente complicado, y sin embargo la mayoría de niños de dos años son capaces de comprenderlo y lo usan para referirse a sí mismos. Por su grave incomunicación, Helen Keller tardó mucho más, en lo que supone otra prueba de que para aprender a comunicarse y a hablar es imprescindible que el niño tenga la oportunidad de recibir y emitir señales lingüísticas verbales, de interactuar con hablantes expertos, los adultos. Pero el elaborado lenguaje y el contenido del habla de sus mayores no es apropiado para que el niño pequeño comprenda y aprenda, así que modifican su manera de hablarle y usan un lenguaje simplificado y repetitivo, como los sonidos que emite el niño, con «palabras de bebé» –*nene, pete, pipí, guaugau* o *nonon*–, en el que abundan las preguntas y entonaciones exageradas. Esta manera de hablar, llamada *habla del cuidador*, ayuda al niño a reconocer cómo se organiza el lenguaje y a deducir cómo debe asociar los sonidos y las palabras. Además, como el niño aprende mucho antes a comprender el lenguaje que a expresarse, al adulto le asigna un papel activo en la «conversación», interpretando sus gestos y acciones al decir en voz alta lo que cree que el niño está pensando. A su vez, el niño responde con gestos o sonidos a los que los adultos atribuyen el significado. Este sería un ejemplo:

Madre: «Mira, un peine».

(El niño coge el peine).

Madre: «A ver qué bien te peinas».

(El niño se peina).

Madre: «¿Te pones guapo?».

(El niño asiente).

Madre: «¿Mamá también se peina?».

(El niño asiente).

Madre: *(Mientras se peina).* «Mira, yo también me pongo guapa».

Algunos sonidos son rudimentos de palabras que solo entenderán los padres, un lenguaje «privado» incomprensible para otros adultos. Según el niño mejora su destreza fonatoria y amplía su vocabulario, será mejor comprendido por todos. Más o menos a los veinte meses, dice unas cincuenta palabras, y entonces empezará a combinarlas de dos en dos y dirá cosas como «mamá guapa». Pero las frases de solo dos palabras suelen ser muy imprecisas, y «Mami come» puede significar que el niño quiere comer, que la madre está comiendo o que el niño quiere que coma, por lo que será el contexto lo que permitirá al adulto comprender el significado para ayudar al niño a avanzar en sus competencias comunicativas. Como la práctica del lenguaje es lo que facilitará su desarrollo, es muy importante no ignorar sus intentos de comunicación, ya sean gestos, ya sean sonidos o palabras, y contestarle siempre. Cuando el niño habla y recibe una respuesta, comprende que la comunicación ha funcionado, entonces se anima a seguir hablando y acelera la adquisición de su vocabulario, de modo que alrededor de los dos años usa entre doscientas y trescientas palabras, aunque puede entender casi dos mil.

El siguiente paso es aprender a combinar las palabras que conoce ordenándolas en oraciones aún muy elementales, para lo cual utiliza un habla telegráfica y dice cosas como «nene quiere agua», «este pie pupa» o «perro tiene pelota». A pesar de ser rudimentarias, estas frases contienen una estructura correcta con sujeto, verbo y complementos, pero aún no sabe usar plurales ni género, ni conjugar los tiempos verbales, ni emplear adecuadamente las partículas que «afinan» el lenguaje y le dan todos sus matices, como los artículos, preposiciones y pronombres. Su vocabulario sigue ampliándose cada vez a mayor velocidad y entre los dos y los tres años empieza a hablar más. Pero se trata de un lenguaje que acompaña su acción y,

para entenderlo, es necesario estar presente cuando el niño habla.

Al cumplir los tres años la mayoría de niños tienen un vocabulario amplio de unas mil palabras, que pronuncian de forma inteligible y con las que construyen frases que permiten una comunicación sencilla pero fluida.

Parece entonces conveniente que los padres dediquen tiempo a achuchar y hablar a sus hijos, aunque parezca que no los entienden aún. Cuando todavía no podemos hablar, los humanos nos hacemos una idea de cómo es el mundo a través de los sentidos. Escuchar la voz y la risa de nuestros padres, así como sentir su abrazo, su tacto y sus besos, nos permitió una vez empezar a idear el mundo en nuestra mente. Sin su concurrencia, el neurodesarrollo no es el mismo.

Capítulo 14:

El cerebro en sus circunstancias

Como ya he dicho, resulta notorio que las experiencias vividas son las que ponen en marcha los mecanismos del neurodesarrollo. Las privaciones sensoriales, afectivas, nutricionales o educativas obstaculizan el proceso normal del desarrollo cerebral y, sobre todo en las edades más tempranas, condicionan de forma incuestionable el futuro del niño.

Por su alta tasa de crecimiento y el enorme consumo de energía que necesita, el cerebro en desarrollo es muy sensible a las situaciones carenciales, no solo las derivadas de una mala coyuntura económica, sino también de aquellas circunstancias que impiden a los padres dedicar tiempo a sus hijos o las que se producen por mero desconocimiento.

Las carencias nutricionales pueden derivar en problemas de salud. Por ejemplo, una dieta pobre en hierro, además de provocar anemia, puede mermar la síntesis de ciertos neurotransmisores, las sustancias químicas de las sinapsis con las que se comunican las neuronas entre sí, y esta deficiencia deteriora la madurez cerebral. Los niños que apenas comen fruta, legumbres o verdura tienen bajos niveles de determinadas vitaminas y aminoácidos que solo podemos obtener consumiendo estos alimentos. La bollería industrial, las cadenas de comida rápida y los alimentos precocinados son más baratos que los productos del mercado y, además, tienen un exceso de grasas y azúcares refinados que favorecen la obesidad infantil y alteran el buen funcionamiento del hipotálamo.

Cuando el niño está con su madre o con su padre, es mucho más probable

que reciba toda su atención. Los padres que hablan, abrazan, besan y corrigen las acciones de sus hijos establecen una relación constante y segura que favorece la creación de un buen vínculo. Su natural respuesta a las acciones del bebé y del niño les procura la estimulación psicológica y sensorial adecuadas y suficientes para que formen las conexiones cerebrales y avance su neurodesarrollo. Si los padres necesitan trabajar muchas horas para asegurarse unos ingresos suficientes, disminuye el tiempo que pueden dedicar a sus hijos, que además no suele ser de calidad, porque al llegar a casa están cansados y a menudo preocupados. También los niños cuya madre o padre tenga problemas de salud crónicos o graves van a tener menos oportunidades de estar con ellos y compartir vivencias.

Son muchas las situaciones en las que el neurodesarrollo puede verse estorbado y, en consecuencia, el desarrollo cerebral se resiente hasta el punto de degenerar en casos graves, como enormes diferencias de tamaño en el crecimiento craneal y en el desempeño de aptitudes básicas. En este período de desarrollo de la autonomía motora se detectarán las patologías que causan alteraciones en el control postural y el movimiento, como la parálisis cerebral infantil, y los retrasos del habla y del lenguaje.

Habíamos empezado esta etapa del neurodesarrollo motor con un recién nacido totalmente dependiente de los cuidados del adulto, incapaz siquiera de cambiar su postura a voluntad, y acabamos con un niño de tres años cuya motricidad le permite ser autónomo.

Han concluido los tres años más dinámicos y prolíficos que tendrá en toda su vida. Gracias al progresivo dominio de sus capacidades motoras, ha aprendido a andar solo y su movimiento corporal es cada vez más preciso. Corre, salta, sube escaleras, chuta una pelota... Todo lo hace ya con total desparpajo. También controla sus esfínteres y utiliza el orinal para hacer sus necesidades. Con las manos es capaz de realizar labores difíciles y de precisión, como comer con cubiertos o garabatear. Gracias al dominio de su motricidad, ya habla, además de que entiende todo lo que le dicen y expresa todo lo que necesita. Aunque conoce lo que sucede a su alrededor, es inocente, le queda mucho mundo por recorrer y comprender. En estos tres años, su cerebro ha pasado de tener millones de neuronas apenas conectadas entre sí y dirigidas por el tronco del encéfalo a formar circuitos corticales sofisticados, bien coordinados y con sus enlaces consolidados y estabilizados por el recubrimiento de mielina de sus neuronas. Ahora es un niño consciente

que actúa a su voluntad, y su neurodesarrollo avanza, pero más pausado.

Capítulo 15:

Dominar el lenguaje para comprender el entorno

El niño de tres años es ya muy autónomo, disfruta investigando todo lo que lo rodea y eso aumenta su curiosidad. Pero aún necesita aprender a controlar sus emociones y su conducta para avanzar hacia su independencia. Debe comprender su medio y a las personas que lo habitan, progresar en el desarrollo cognitivo y en el de las habilidades sociales, y lo hará según domine su lenguaje, que es el logro más destacado en esta etapa, y por eso creo adecuado nombrarla así. En esta etapa podemos diferenciar dos períodos. De los tres a los seis años, cuando se adquieren los elementos básicos del lenguaje, se amplía el vocabulario y se aprende a dominar la gramática, el pensamiento del niño se hace más elaborado y establece sus primeras relaciones sociales. Luego, de los seis a los diez años, se perfecciona el dominio del lenguaje a través de su estudio. La lectura y la escritura dan acceso a los conceptos académicos, y el marco escolar desarrolla los talentos personales y sociales, mientras los padres, aún muy importantes, van quedando en un segundo plano porque el niño debe encontrar el sitio que ocupa entre sus iguales.

Gracias al contraste que aporta la presencia de la mielina, la línea que separa la sustancia blanca de la gris se ha vuelto nítida en el cerebro del niño de tres años. Mientras alcanzaba la autonomía motora, formaba muchas conexiones neuronales, pero solo perduran las más utilizadas, que se

estabilizan cuando la mielina rodea los axones de las neuronas que las conforman. Esta mielinización aumenta la eficacia funcional de los circuitos que almacenan las experiencias más necesarias y que, por tanto, más emplea. Además, permite la sincronización eléctrica de los distintos circuitos cerebrales que ya pueden coordinarse para que el cerebro actúe como un todo.

En los siguientes siete años, de los tres a los diez, la velocidad del neurodesarrollo se ralentiza mucho respecto a los tres primeros años de vida, y esto coincide con un menor crecimiento del perímetro craneal. Mientras que del nacimiento a los tres años el aumento es de dieciséis centímetros, en esta etapa que dura más del doble, apenas crecerá tres centímetros, de cincuenta a cincuenta y tres. Este menor incremento del volumen cerebral es debido a que los nuevos circuitos, que se forman para contener las nuevas capacitaciones, se generan sobre todo a partir de las conexiones ya establecidas. Así pues, más que crear nuevo material, se remodela el que ya existía, afinándolo y perfeccionándolo para adaptarlo a los nuevos usos que necesita el niño.

El resto del cuerpo también aminora su ritmo de crecimiento, pero mientras que la curva de crecimiento craneal es ahora casi plana, las del peso y la talla siguen siendo ascendentes, de manera que las proporciones corporales cambian progresivamente y la cabeza va perdiendo envergadura respecto al tamaño total del cuerpo.

También disminuye la proporción de grasa corporal, que se sustituye por músculo, y la apariencia del niño va cambiando: la cara se alarga y pierde sus mofletes, el vientre se aplanan y la silueta es más esbelta, con extremidades más largas y musculosas. Su aspecto redondeado y torpe de bebé se ha transformado en el más estilizado del párvulo y del niño en edad escolar. Todos estos cambios corporales propician el desplazamiento del centro de gravedad desde el esternón hasta el ombligo, al mismo tiempo que mejora la motricidad postural. El niño gana agilidad y desarrolla destrezas motoras más difíciles, muy útiles para el juego tan movido y característico de esta etapa que favorece el desarrollo de sus habilidades sociales.

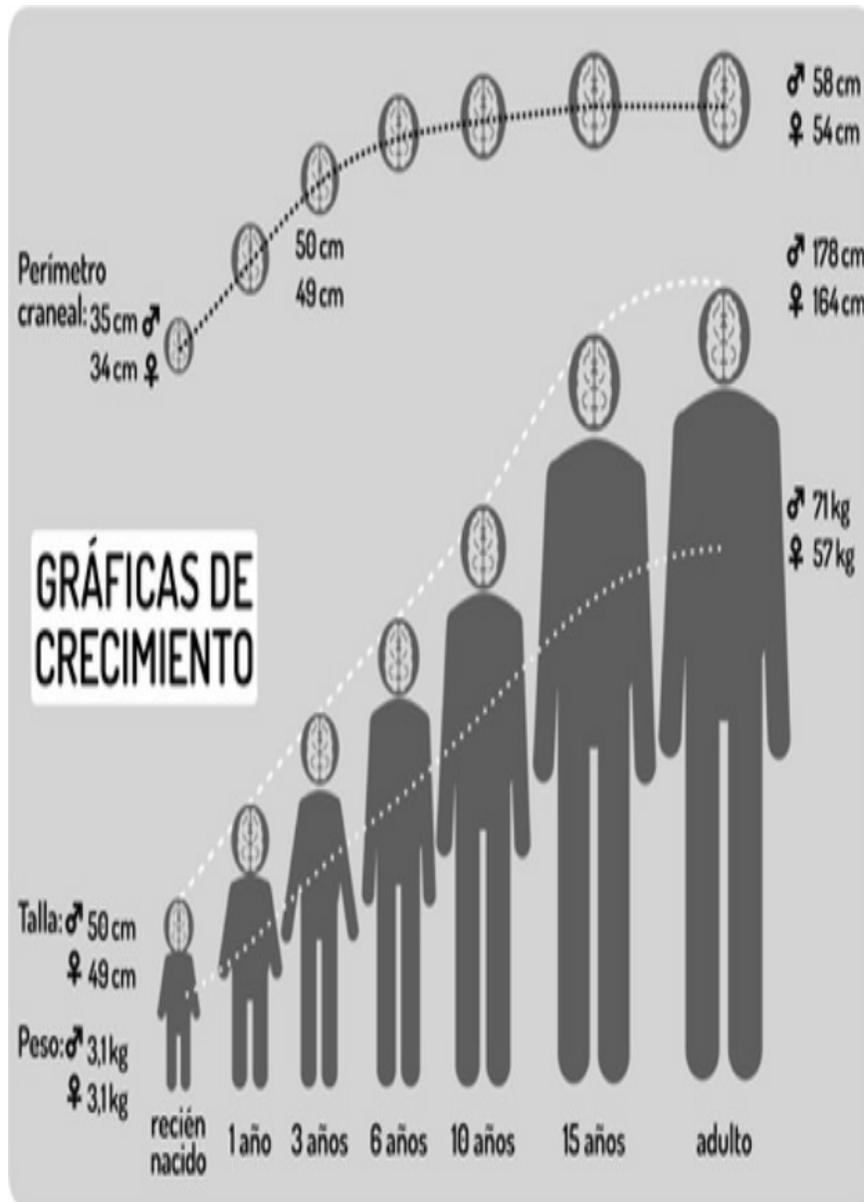


Figura 15.1. Curvas de crecimiento y proporciones corporales

Marcado por su dominio del lenguaje, y en consecuencia por su capacidad para pensar y expresarse, las diferencias entre el párvulo y el escolar que cursa primaria son notables.

Capítulo 16:

Lenguaje, el transformador del pensamiento

Hasta los tres años, el logro principal del desarrollo postural es alcanzar el desplazamiento corporal y, a nivel manipulativo, conseguir la coordinación oculo-manual. A partir de ahora, el párvulo desplegará sus aptitudes en circunstancias cada vez más complejas, ya que su esfera social se amplía y su lenguaje gana precisión. Mientras que por un lado se siente más autónomo, por otro debe comprender que su conducta está sometida a límites y asimilar las normas externas para aprender a autorregularse.

La capacidad de frenarse aún está incompleta a los tres años, y los movimientos son impulsivos y poco armónicos. En la mayoría de niños, el patrón de marcha ya es maduro: apoyan primero el talón doblando el tobillo para impulsarse con los dedos y avanzar flexionando la rodilla y la cadera coordinadamente, lo que propicia una carrera ágil. También a partir de los tres años, casi todos los niños suben y bajan escaleras alternando las piernas, chutan una pelota o se mantienen en equilibrio sobre un solo pie. La precisión de la pinza manual y su coordinación con la vista también están muy avanzadas, de modo que realizan tareas difíciles como construir torres o encajar piezas, y la preferencia manual empieza a ser evidente. Todo esto sucede porque la maduración cerebral es suficiente para que los movimientos de las extremidades de uno y otro lado del cuerpo sean independientes y estén bien coordinados entre sí.

Estas aptitudes básicas, universales para todas las culturas, siguen una secuencia bastante homogénea y son el requisito previo para adquirir nuevas

destrezas motoras de patrones mucho más enrevesados. Cuáles serán esas destrezas, y a qué ritmo se aprenderán, dependerá por completo del ambiente, mientras que la celeridad, la intensidad y la precisión con que se ejecuten dependen también de la predisposición genética. Si hasta ahora el neurodesarrollo necesitaba las experiencias que proporciona el medio para avanzar, a partir de este momento el peso cultural será determinante. Los aprendizajes ya no son imprescindibles para la supervivencia, son optativos y dependerán de los valores, creencias y características culturales de la familia y la sociedad en la que se desarrollen. Claro que hasta ahora el niño ya estaba influido por su cultura, pero será a partir de los tres años, con su competencia motora ya madura, cuando el peso de la cultura cobre más fuerza en su desarrollo.

Cuando observamos con atención, apreciamos que las posturas y movimientos cotidianos de las personas permiten intuir su ascendencia cultural. La cultura modela los movimientos del niño, que los asimila tanto por la observación e imitación de sus adultos como por las normas que se le transmiten. Caminar, sentarse o mover las manos varían de una zona geográfica a otra, según el sexo o el estrato social. Los habitantes de las grandes ciudades están acostumbrados a una actividad frenética que se refleja en movimientos y cambios posturales más rápidos que los de sus vecinos de zonas rurales. Las normas de educación dictan que las niñas se sienten con las piernas juntas para evitar la exposición de su ropa interior. La mayoría de niños de tres años se sientan en cuclillas para jugar en el suelo, una postura que pierden los niños urbanos occidentales y que, sin embargo, mantienen los adultos de muchas otras culturas. Como imaginamos, los ejemplos son abundantes. Un caso extremo sería el vendado tradicional de pies al que se sometía a las niñas chinas. Una tradición, más bien tortura, que duró mil años y que consistía en fracturar los huesos de los cuatro últimos dedos de ambos pies para acortar su tamaño hasta el ideal estético de dicha cultura, que era una longitud máxima de siete centímetros. Después, aplicaban apretadísimos vendajes que impedían su crecimiento. Así se conseguía que las mujeres tuvieran andares con pasos cortos y tambaleantes que evocaban «el movimiento de la flor de loto», lo que al parecer resultaba tremendamente estimulante a la imaginación erótica masculina. El 10 % de las niñas fallecía por las infecciones y la gangrena de los tejidos, mientras que las supervivientes sufrían discapacidades motoras que les impedían ponerse en

pie, subir y bajar escaleras o caminar por una pendiente. Afortunadamente, esta práctica se prohibió por completo en 1949, pero aún quedan unas pocas mujeres ancianas con «pies de loto» que no son autónomas y necesitan constantes cuidados.

También la cultura influye en los hábitos conversacionales. Mientras la mayoría de europeos miran atentamente a los ojos de su interlocutor, los japoneses dirigen su mirada hacia abajo o a otras partes de la cara. Es cultural la gestualidad implícita al habla, que enfatiza e incluso sustituye las ideas que transmiten las palabras. Los hablantes de cualquier edad gesticulan de manera espontánea, pero sobre todo los niños pequeños, cuyo vocabulario es todavía escaso, usan las manos para hacerse entender mejor. Al parecer, cuanto más eficaces son sus ademanes, más hábil será su uso futuro del lenguaje y la narrativa. Quizá este hecho se debe a que en ambas actividades motoras participa el *área de Broca*, una zona de la corteza cerebral frontal especializada en la producción del lenguaje. La gestualidad que acompaña al habla varía de un idioma a otro. Asentir o negar con la cabeza no son gestos tan universales como puede parecer, ya que, por ejemplo, en Bulgaria se emplean justo al revés. En las islas Marquesas sacan la lengua para decir «no», mientras que este mismo gesto en el Tíbet es señal de cortesía y en China indica confusión. Los españoles gesticulamos mucho al hablar, pero si un gallego es más contenido, un andaluz no cesa de enfatizar sus palabras con los gestos de las manos. Expresiones como «esto está de chuparse los dedos», «un sitio abarrotado», «estar a dos velas» o «tener mucha cara» tienen un equivalente gestual que los hablantes españoles comprendemos sin necesidad de usar palabras. Aunque, como todo el mundo sabe, los que más y mejor utilizan los ademanes para expresarse son los italianos. Existe incluso un *Suplemento al dizionario italiano*, escrito en 1958 por el diseñador italiano Bruno Munari, que recoge el significado de los gestos utilizados por los hablantes de este idioma para expresar actividades cotidianas, emociones o críticas. El propio Munari advierte en la introducción que los gestos, en su mayoría de origen napolitano, comienzan a ser reconocidos y utilizados en todo el mundo, a la vez que se importan los de otras culturas, como sucede con el «OK» estadounidense.

Todas las actividades humanas están inevitablemente impregnadas de connotaciones culturales. La comida, el juego, la escritura, el deporte, las actividades infantiles y las herramientas que se usan en una determinada

sociedad generan objetos y reglas diferentes que sirven para cumplir funciones básicas pero definidas a nivel cultural. Los cubiertos europeos y los palillos asiáticos, los puzles y el *tangram*⁷, el lápiz y el pincel, el fútbol y el esquí, las canicas y las tabas⁸, la bicicleta y el rueño⁹... Son útiles particulares que mejoran las cualidades humanas esenciales. Su uso, que potenciará unas destrezas motoras y relegará otras, modifica los circuitos cerebrales y la constitución corporal para desempeñar de forma adecuada los patrones motores requeridos socialmente.

También el estilo de crianza y los valores familiares serán determinantes. Un niño de ciudad no tiene las mismas oportunidades de juego al aire libre que uno que viva en una aldea. La hija de una familia aficionada a la naturaleza se acostumbrará a domingos de excursión por la montaña y pasará menos tiempo delante de la televisión. Pero las preferencias y talentos personales también influirán en la actividad del niño, que puede preferir juegos más tranquilos que impliquen una actividad más sedentaria.

En definitiva, tras la adquisición de las competencias motrices básicas, el avance en el neurodesarrollo motor tiene un fuerte componente ambiental que depende de factores culturales y familiares, a su vez imbricados con los individuales, lo que visto en su conjunto explica la enorme variabilidad individual. En general, se observa que a partir de los tres años de edad los movimientos se hacen cada vez más coordinados, lo que permite completar labores más difíciles. Se sincroniza la movilidad del tronco con la de las extremidades para conseguir encadenar movimientos simples e independientes en secuencias cada vez más complicadas y sofisticadas que mejoran la precisión y ejecución del movimiento. Cuando el niño está aprendiendo un movimiento, se hace una representación mental de los gestos necesarios para efectuarlo, y las primeras veces resulta inseguro y torpe. Con la repetición, la motricidad se vuelve cada vez más fluida, armónica y fácil, lo que a nivel cerebral se traduce en circuitos más utilizados y estables que permiten la progresiva automatización de las competencias motoras, hasta que se realizan sin apenas prestar atención. Las habilidades motoras menos sencillas se realizarán preferentemente con la mano o pie dominante, es decir, con la que son más hábiles, y esa preferencia, que ya se aprecia con claridad a los tres años, se va a establecer de forma definitiva antes de los cinco o seis.

El cuerpo humano guarda una simetría anatómica, pero, aunque nuestras manos y pies son simétricos, su actividad no. Casi todas las personas tienen una mayor habilidad para desenvolverse con uno de los lados del cuerpo porque también el sistema nervioso esconde una asimetría funcional. Su complejidad y alta organización exigen repartir bien sus ocupaciones entre los distintos órganos y partes que lo componen, y como la naturaleza es ahorradora, los circuitos nerviosos no son redundantes, es decir, no están repetidos. Hay un solo circuito para el lenguaje, otro para el reconocimiento de los colores y otros tantos para la visión tridimensional, para la audición musical... El circuito que integra la percepción y la motricidad es también único, aunque tenga dos mitades, una para cada lado del cuerpo. Este circuito sensorio-motriz tiene una peculiaridad: la información se cruza al entrar y al salir del cerebro, de manera que las sensaciones que nos llegan desde un lado del cuerpo —por ejemplo, el lado derecho— las recibe el hemisferio cerebral contrario —el izquierdo— y las órdenes de movimiento que emite un hemisferio cerebral —por ejemplo, el derecho— se ejecutan con el lado contrario del cuerpo —el izquierdo—. Pero, aunque el cerebro tenga una simetría y reciba y envíe información a ambos lados, siempre hay uno más hábil que el otro, al que llamamos *lado dominante*. La mayoría de personas tienen una dominancia homogénea, prefieren usar el mismo lado del cuerpo para ver, oír, manipular y patear. Es lo que les sucede a casi todos los diestros, mientras que muchos zurdos no tienen una dominancia tan homogénea, lo que, por supuesto, no implica patología. Seguramente, esta dominancia heterogénea, que tienen más zurdos que diestros, guarda relación con la continuada necesidad de adaptación al mundo de diestros en el que vivimos todos. También sucede que, mientras la mayoría de los diestros dirigen primero su atención hacia el lado izquierdo de su campo visual, la mayoría de zurdos prefieren lo contrario: el lado derecho. Por ambas razones, la dominancia heterogénea y la preferencia por el lado derecho del campo visual, la percepción y la interacción con el medio, no son iguales para un zurdo que para un diestro.

Yo misma soy zurda y he comprobado esta realidad en muchas ocasiones. Quizá el caso que más me sorprendió, por curioso, ocurrió una tarde entre amigos en la que nos entreteníamos con ese juego de mesa que consiste en adivinar una palabra a través de un dibujo hecho en papel. Nos tocó el turno a un miembro del equipo contrario y a mí, que debíamos dibujar de forma

simultánea el animal indicado en la tarjeta de juego que solo ambos podíamos leer. El equipo que lo adivinara antes se llevaba los puntos, por lo que debía ser rápida. Leí la tarjeta y, convencida de que era fácil, acto seguido dibujé esto:

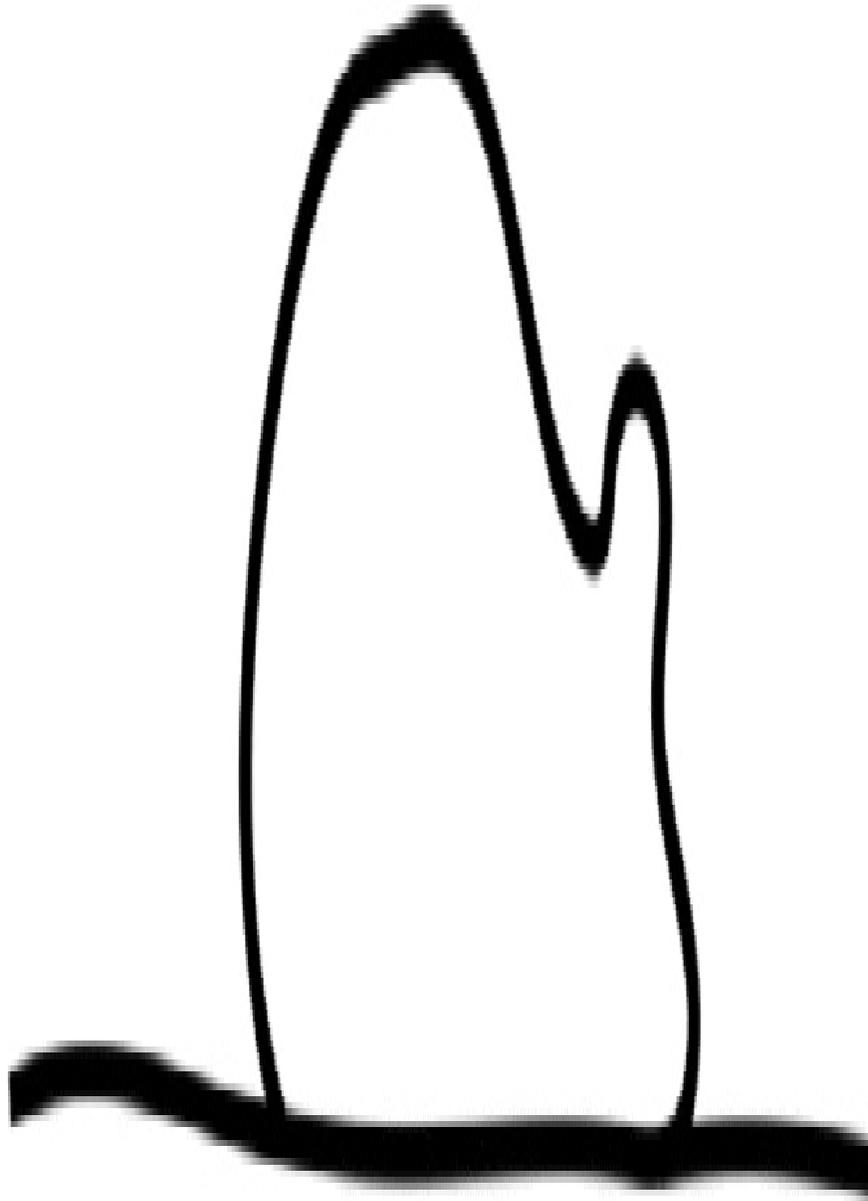


Figura 16.1. Pictionary

Si tu cerebro mira de izquierda a derecha, es probable que reconozcas una ballena, pero si tu cerebro ve de derecha a izquierda, reconocerás un ratón, que es justo lo que yo debía dibujar. Como mis compañeros de equipo eran

todos diestros, respondieron «ballena». Así que no solo perdimos, sino que me llevó unos momentos comprender por qué habían sido incapaces de reconocer el ratón que yo había dibujado.

No es raro que todos mis amigos fueran diestros, porque, aproximadamente, solo una de cada diez personas es zurda en el mundo, y este promedio es aún menor en el caso de las mujeres. Tal vez esta abrumadora mayoría de diestros favorezca que los utensilios cotidianos estén diseñados para ellos. Las tijeras, los sacapuntas, las libretas de espiral, la pala de la mantequilla, los cazos con boquilla, el asa de las tazas con dibujo, los abanicos... Todo está diseñado para usuarios diestros, incluso algo tan moderno como el desbloqueo de la pantalla del móvil. Y aunque hay muchos utensilios que pueden ser usados con ambas manos, su cometido se realiza a la manera diestra. Escribir, coser, hacer ganchillo, cortar la carne con cubiertos o pasar las páginas de un libro son ocupaciones más fáciles de aprender para un diestro. Eso sí, hay más habilidad diestra en los zurdos que zurda en los diestros. Es decir, que los zurdos utilizan la mano derecha mejor que los diestros la izquierda, quizá sea, como he comentado anteriormente, por el proceso adaptativo al que obligan todos esos utensilios para diestros.

Esta dominancia manual es solo una característica de la persona, como tener los ojos verdes o el pelo castaño, un rasgo que se hereda y cuyo desarrollo dependerá de la experiencia de cada niño. No es ni más ni menos ventajoso, pero aun así en la mayoría de idiomas la palabra *zurdo* tiene un significado peyorativo —'siniestro', 'izquierdo', 'torcido', 'infeliz', 'funesto' o 'viciado'—, mientras que *diestro* es sinónimo de cualidades positivas —'hábil', 'derecho', 'correcto', 'recto', 'justo' o 'listo'—. Incluso en la Biblia se prefiere situar a la derecha de Dios a los justos que heredarán el Reino y reservar la izquierda para los que se consumirán en el fuego eterno. —Mateo 25: 31-46—. La mano derecha es la que usa el sacerdote para bendecir, mientras que el diablo suele retratarse como zurdo y posado sobre el hombro izquierdo de la persona a la que tienta. En la Edad Media, los zurdos fueron perseguidos porque se les identificaba con el diablo y, hasta bien avanzado el siglo xx, a los niños zurdos se les corregía para que usaran la mano derecha. En otras culturas también está mal visto ser zurdo, como veremos ahora con algunos ejemplos. Hasta hace unas décadas, un japonés podía repudiar a su esposa si descubría que era zurda. También las mujeres nigerianas evitan preparar la comida con la mano izquierda para que no las acusen de practicar

magia negra. En el islam se considera impuro todo lo que se haga con la mano izquierda, ya que suele reservarse para utilizar el papel higiénico. Estas y otras circunstancias son el reflejo de la consideración negativa que ha tenido el uso de la mano izquierda en la historia y en la mayoría de culturas. De todos modos, también hay excepciones, ya que para los incas del antiguo Perú ser zurdo era un rasgo de fortuna, y para el budismo la mano izquierda simboliza la sabiduría que sostiene la espiritualidad, representada por la derecha, y debido a esto la izquierda se coloca debajo de la otra durante la meditación.

Desconocemos por qué hay personas zurdas y si esto supone alguna ventaja evolutiva. Aunque hay una predisposición hereditaria a ser zurdo o diestro, la dominancia no está bien establecida al nacimiento, sino que va desarrollándose en los primeros años de la infancia. La asimetría en la utilización manual está presente en el feto, que entre la octava y la decimotercera semana de gestación ya muestra una preferencia en la succión del pulgar. Pero mientras que el 100 % de los futuros diestros prefieren succionar el pulgar derecho, solo el 67 % de los que serán zurdos succionan su pulgar izquierdo, así que es muy probable que desconocidos factores ambientales, o epigenéticos, acaben de decantar la dominancia manual de los zurdos. Ya en la exploración neurológica del recién nacido puede apreciarse una sutil asimetría en la fuerza, los reflejos y los primeros movimientos, si bien los primeros signos claros de preferencia manual aparecen con la prensión voluntaria, hacia los cinco o seis meses de edad. Antes del año de vida, los niños utilizan indistintamente ambas manos para completar tareas de cierta complejidad, y de forma gradual irán mostrando su preferencia hasta que, antes de los cinco años, queda ya bien establecida en la mayoría. Con la escritura, una actividad motora complejísima, el niño debe optar por una mano, y es entonces cuando se dice que el niño es diestro o zurdo. Porque, si bien son los cometidos considerados importantes, como comer o escribir, los que nos definen como zurdos o diestros, todos solemos desempeñar alguna tarea con la mano contraria a la que consideramos nuestra dominante. Podemos tomar como ejemplo a Rafael Nadal, diestro para todo excepto para jugar al tenis, o a Ricky Rubio, que es zurdo pero juega al baloncesto con la derecha.

Diversos estudios observan hechos que favorecen la predisposición a heredar la dominancia manual: hay menos mujeres zurdas, los gemelos

idénticos tienden a coincidir en la preferencia manual y es más probable que un niño sea zurdo si lo es su madre que si lo es su padre. Pero es difícil eliminar el componente cultural para saber cuán heredable es la dominancia manual. La presión educativa, cultural y social que se ejerce sobre los zurdos para que cambien su dominancia a la derecha varía según el ámbito cultural y el momento histórico. Unas veces se les obliga a usar la mano derecha para todo, otras solo para comer y escribir. Sin embargo, lo más habitual es que se favorezca el uso de la derecha sin forzarlos. La imitación, el modo en que se disponen los muebles en el hogar y en la escuela o los utensilios lateralizados invitan al zurdo a usar la mano derecha, y la mayoría de las veces se adapta sin darse cuenta siquiera. Por ejemplo, más del 50 % de los zurdos usan el ratón del ordenador con su mano derecha, sin duda desconocedores de que pueden configurarlo para usarlo con la izquierda. Lo más probable es que ni se lo hayan planteado jamás.

Por supuesto, ser zurdo o diestro tiene implicaciones en la configuración cerebral, y es especialmente relevante su íntima relación con las competencias lingüísticas, que también están lateralizadas en el cerebro. Al nacer, ambos hemisferios tienen la potencialidad de alojarlo, pero su ubicación final no se completa hasta los nueve años de edad y el lado definitivo tiene que ver con la dominancia manual del niño. Así, el 98 % de los diestros tienen los circuitos cerebrales del lenguaje en su hemisferio izquierdo, y el 2 % restante, en el hemisferio derecho. Sin embargo, esta lateralización es diferente en la población zurda, donde el 70 % tienen el lenguaje también en el hemisferio izquierdo, el 15 % en el derecho y el otro 15 % lo tienen repartido entre ambos hemisferios.

lateralidad manual y del lenguaje

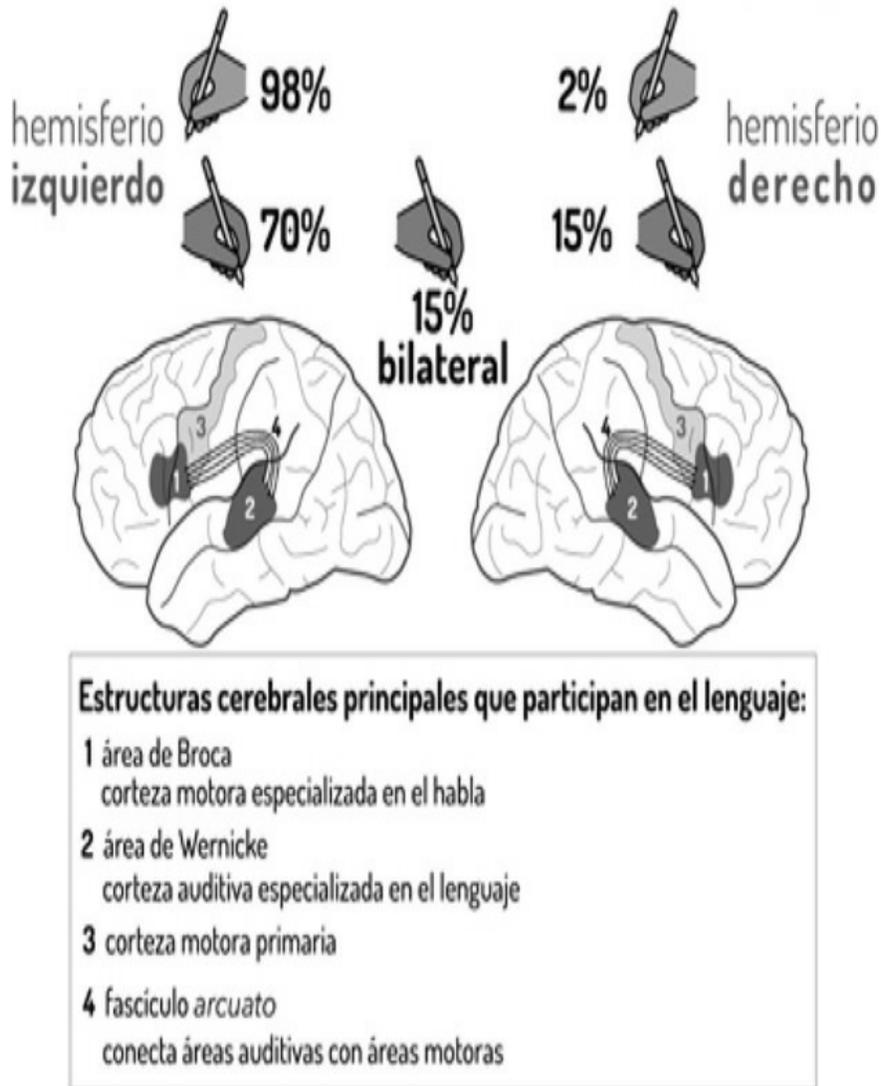


Figura 16.2. Lateralidad del lenguaje

Vemos que la mayoría de personas alojan el lenguaje en su hemisferio cerebral izquierdo. Para los diestros, esto coincide con su hemisferio de dominancia manual, visual y auditiva, pero para los zurdos esta localización es más heterogénea tanto para el lenguaje, como para la dominancia visual y auditiva, que pueden no coincidir en el mismo hemisferio. Por tanto, un zurdo no es un diestro en el espejo, y parece muy probable que estas diferencias tengan cierto peso, tanto en la percepción del medio como en los procesos mentales subyacentes.

Así pues, a partir de los tres años de edad, empieza a fijarse tanto la dominancia manual como la localización cerebral del lenguaje que, en estos años de párvulo, va a experimentar su mayor y más rápido desarrollo. Primero, las ideas se transforman en palabras, y aprende una media de dos palabras nuevas al día, de modo que su vocabulario se amplía de las mil palabras que de promedio conoce un niño de tres años a las tres mil de uno de seis. El vocabulario aumenta en cantidad y calidad, lo que va a permitirle un uso cada vez más correcto del lenguaje para expresar con precisión sus pensamientos. Poco a poco aparecen los artículos, que deben concordar con el género del nombre, el uso de otros pronombres personales además del *yo*, los pronombres posesivos, las preposiciones, los adverbios de lugar y tiempo, el uso de verbos auxiliares y, con ellos, los tiempos verbales pasados y futuros, y por fin el uso del condicional.

Con la ampliación del vocabulario y el uso de preposiciones, pronombres y tiempos verbales, empieza el caos. Es frecuente que entre los tres y los cinco años se produzca una etapa de confusión en la que el niño mezcla las formas verbales y pronominales de forma inadecuada. De este modo, aunque el adulto insista en corregirlo cuando dice «*te quiero darte un beso*», el niño persistirá en su error y solo lo corregirá cuando se convenza de que es incorrecto. Estos errores son normales y necesarios, porque el niño está aprendiendo a utilizar el lenguaje e intenta averiguar cómo funciona al mismo tiempo que lo usa para comunicarse. Los niños no aprenden a hablar por imitación, sino que aprenden a hablar hablando y probando las distintas variaciones que se les ocurren cuando usan el lenguaje. Por ejemplo, si un adulto le pide a un niño que repita la frase «los niños que comen verdura corren más», probablemente diga algo así: «los niños comen verdura y corren mucho». Lo ha entendido, pero lo explica a su manera.

Asimismo, el desarrollo de la construcción de frases es progresivo y refleja también la pericia para procesar la información que tiene el niño. De la simple yuxtaposición de frases que produce a los dos años —por ejemplo, «quiero sopa, quiero patatas»—, pasa progresivamente a coordinarlas de forma simple —«quiero sopa y quiero patatas»—, a subordinarlas —«quiero que me des patatas»— y a usar los complementos circunstanciales de causa —«quiero patatas porque tengo hambre»— y consecuencia —«tengo hambre, así que como patatas»—. Es a partir de los cinco años, al empezar a usar los adverbios de tiempo, cuando aparecen los complementos circunstanciales de

tiempo —«después de comerme la carne, me comeré las patatas»—, porque justo a esta edad surge la noción del tiempo.

Igual que sucede con las habilidades motoras y manuales, la edad a la que un niño comienza a utilizar las diferentes estructuras lingüísticas es muy variable

«Ser zurdo o diestro tiene implicaciones en la configuración cerebral».

y dependerá de las oportunidades que se le ofrezcan para desarrollarlas, porque, como ya se ha comentado, solo hablando se aprende a hablar. Cuando a los seis años empieza la escuela primaria, necesitará dominar los principios básicos de la lengua para iniciarse en la alfabetización y avanzar con éxito en su educación escolar. Los cuentos, inventados o tradicionales, narrados o leídos, son una buena herramienta para practicar el lenguaje porque, al contrario que las narraciones de pantalla, obligan a imaginar de forma activa lo que sucede. Recrear situaciones que no están ni aquí ni ahora, o que ni siquiera existen, habilita la creación de imágenes mentales y el desarrollo de los circuitos corticales que procesan la información verbal y la comprensión lectora, los mismos que necesitarán más adelante para leer por sí mismos. Contar o leer un cuento propicia un contexto de intimidad y complicidad único que, además de favorecer la atención compartida y la participación activa, estrechan los vínculos familiares mientras se transmiten valores y se descubre la personalidad del pequeño al observar sus reacciones y emociones. «Vuélveme a contar el cuento» es quizá una de las demandas más tiernas que pueda oír una madre o un padre.

Con este progreso del lenguaje crecen las áreas temporales que lo sustentan, su volumen alcanza la mitad del que tendrá en la edad adulta. También participan en la memoria y permiten al párvulo situar los sucesos en el tiempo y el espacio, recordar lo que ha hecho —a esto lo llamamos *memoria episódica*—, pero solo aquellos momentos especiales para él permanecerán por siempre en su memoria —*memoria autobiográfica*—, lo cual da continuidad a su historia personal, a su conciencia del *yo*. Es la edad en que se fijan los primeros recuerdos y cuando se puede empezar a anticipar el futuro.

El perfeccionamiento del lenguaje y el desarrollo de la memoria reorganizan su proceso cognitivo, que pasa de imágenes sensoriales a

verbales con las que ordena sus ideas. Pero su pensamiento es aún incapaz de una lógica que trascienda su percepción, aún no sabe pensar en abstracto y los sentidos le engañan, es un *pensamiento mágico*. Para el párvulo las cantidades son concretas: entre cinco monedas de un céntimo o una moneda de un euro, escogerá las cinco, «porque son más». El tamaño importa y no comprende que un litro de agua sigue siendo un litro independientemente de las dimensiones del recipiente, por lo que pensará que «hay más agua en el grande», incluso si nos ve echarla desde el pequeño. Tampoco comprende que un kilo de paja y uno de hierro pesen lo mismo, pues estará convencido de que «el hierro pesa más». Dado que también atribuye motivaciones a los objetos —a esto lo llamamos *animismo*—, es fácil escucharle decir que «la mesa es mala porque me ha pegado» o «el sol se va a dormir porque está cansado». En esta concreción, todo lo que piensa, hace y dice está impregnado de subjetividad, y el niño no concibe el punto de vista de los otros. A menudo se desconecta de la conversación y monologa más que dialoga, piensa en voz alta y acompaña sus palabras de gestos y acción. En esta simbiosis entre hablar y actuar, cree que las palabras pueden transformar las cosas, que son mágicas, y que la simple expresión de sus deseos hará que se cumplan.

El párvulo usa el lenguaje sobre todo para integrarse a sí mismo, su pensamiento y sus acciones, a lo que sucede a su alrededor, ya que no es aún del todo consciente de su utilidad comunicativa. Poco a poco empezará a intercambiar sus ideas y apreciará que los demás tienen puntos de vista distintos que pueden modificarse e influirse con la conversación.

Adquirirá un rol más social que podremos apreciar en la evolución del juego. Antes de aprender sus primeras palabras, el niño juega a golpear objetos, agitarlos, tirarlos, hacer que rueden... Luego imita acciones que llevan a cabo los adultos: limpia con un trapo, habla por teléfono, finge escribir... Así, encadena estas acciones imitativas para construir secuencias con una narrativa cada vez más larga, como pasear a la muñeca, hacer la comida o jugar al día que fuimos a la playa. Con la progresión del lenguaje y la memoria, aparece el juego absolutamente imaginativo, en el que el niño inventa escenarios y sucesos, y así viaja en un barco pirata, tiene que luchar contra un dinosaurio o es la mejor científica del mundo. La mayor complejidad del juego necesita cada vez más de otros niños. El juego exploratorio de objetos apenas requiere otros compañeros, pero cuando

empezamos a construir castillos, nos viene bien que nos echen una mano y, si de más mayores lo convertimos en nuestra fortaleza, necesitaremos otros actores para que hagan de princesa, caballero o incluso dragón. Los primeros juegos no tienen reglas, pero cuantos más elementos y personas se incluyan, más necesaria es la planificación y la aparición de normas, que al principio son tan cambiantes como el curso de la propia imaginación y luego se hacen más o menos fijas.

En su juego, el párvulo crea un mundo imaginario a su medida que controla y desarrolla, donde establece sus normas, experimenta sus miedos y aprende a sortear obstáculos. Jugando con otros niños, aprende a compartir, negociar y resolver conflictos; jugar es algo muy serio, pues supone un ensayo para lo que le espera en la vida adulta. A través del juego libre, el niño aprende a su propio ritmo y descubre sus intereses particulares, así como su manera de enfrentarse a los problemas y las distintas formas de resolverlos. Desarrolla su creatividad y sus dotes de liderazgo, y aprende a trabajar en equipo. Es importante que el niño tenga tiempo de jugar solo, con otros niños y con los adultos. Todas estas variantes del juego son necesarias y contribuyen a un buen neurodesarrollo.

La progresión en las capacidades lingüísticas está implicada y promueve los avances en todas las áreas del neurodesarrollo. El lenguaje parece ser en gran medida el centro de nuestra actividad mental y el mediador de las funciones de integración y adaptación del cerebro. Por eso es importante detectar cuanto antes los retrasos y trastornos en su desarrollo, incluso antes de esta etapa en que se hacen ya evidentes.

Algunos niños que siempre han comprendido bien, pero que en cambio tenían una expresión inferior a la de sus iguales, presentarán una aceleración en esta etapa y alcanzarán el ritmo adecuado para su edad, pues se trata de un retraso simple del habla. Son niños que siempre muestran interés por comunicarse, miran a los ojos, se interesan en lo que se les propone e intentan expresarse mediante gestos. Si además de un retraso en el inicio del habla aparecen otros problemas, comunicativos o no, debemos siempre mostrarnos muy alerta y buscar ayuda cuanto antes. Es de especial interés detectar cuanto antes el autismo, cuyos primeros síntomas aparecen antes de los tres años y son ya patentes en esta etapa.

Notas al pie

7. Juego de origen chino formado por siete piezas poligonales, generalmente de madera, con las que deben formarse figuras sin superponerlas.
8. Juegos infantiles y de azar consistentes en el lanzamiento de unos huesos —o tabas— a modo de dados.
9. En Santander y Asturias, el rodete que se usaba antiguamente para llevar cosas en la cabeza.

Capítulo 17:

El lenguaje de la escuela

Con un notable nivel de autonomía y sociabilidad, el niño de seis años avanza capacitándose para entender lo que lo rodea y desarrollar su competencia social y su autoestima. Cada vez menos dependiente de sus padres, va emancipándose de la familia y crea afinidades con sus iguales para encontrar aceptación y negociar los desafíos sociales.

A nivel físico, el cambio más relevante es el alargamiento de la cara y la muda de la dentición de leche por la definitiva del adulto. Hacia los seis años, los primeros molares marcarán el inicio del cambio de dentición, que se desarrollará a un ritmo de recambio muy variable, aunque más o menos sucede a cuatro piezas dentarias por año. El crecimiento de la masa muscular incrementa la fuerza, coordinación y resistencia, y la actividad física es menos intensa e impulsiva, con lo que mejora la posibilidad de regular e individualizar los movimientos de las distintas partes del cuerpo, que adquieren mayor rapidez, precisión y automatismo según la frecuencia con la que los ejerciten y su talento natural. La comprensión de nociones espaciales, como *arriba* y *abajo*, *delante* y *detrás* o *derecha* e *izquierda*, permite un movimiento más reflexivo que facilita su entrenamiento y le permite iniciarse en la práctica de un deporte. Así se transforma la mera actividad física en un juego con reglas que le ayudará a mejorar su dominio corporal y a desarrollar sus relaciones y valores sociales.

Los circuitos cerebrales del niño de seis años son ya muy estables. Aunque según aprende continúa modificándolos, la mielinización se completa hacia

los siete años de edad, como reflejo de la madurez y eficiencia alcanzadas en los procesos sensoriales y perceptivos, lingüísticos y cognitivos. Sus procesos cognitivos ya consideran múltiples factores a la vez e incluyen los puntos de vista de los demás. Así va abandonando el pensamiento mágico y se inicia en la abstracción, empieza a buscar la lógica en los fenómenos que observa y emprende cometidos cognoscitivos que implican conceptos como la *conservación* —por ejemplo, comprender que cambiar de recipiente un litro de agua no altera su cantidad—, la *reversibilidad* —por ejemplo, deducir cuál es la categoría de objetos agrupados: color, forma o tamaño—, y la *seriación* —recordar el orden de los sucesos y las cosas—, lo que ayuda a adquirir por completo las nociones temporales.

Las crecientes exigencias cognitivas de la escuela primaria ponen a prueba este «uso de razón» y a la vez requieren un progreso paralelo de la comprensión y la atención. No es posible atender a lo que no se comprende ni comprender sin atender. Así que debe ignorar los estímulos irrelevantes para centrarse en lo importante —*atención selectiva*— y automatizar la comprensión para entender los matices y las construcciones lingüísticas complejas y largas. El trabajo en el aula demanda un mayor control de su conducta, alcanzar un equilibrio entre su afán inmediato por agradar al adulto y aprender a posponer la recompensa, entre la competición y la colaboración con sus compañeros, entre callar o responder cuando el éxito no está asegurado. El ámbito escolar es competitivo y las experiencias que ofrece decisivas para el desarrollo de la autoestima. El niño que no consigue avanzar según lo que se espera de él evitará arriesgarse en el futuro, porque la dignidad y la autoestima son esenciales a la persona y esta es una etapa crucial en su desarrollo.

Leer y escribir son determinantes, pues la lectura da acceso al resto de conocimientos y la escritura permite transmitir los propios. A su vez, las competencias matemáticas son fundamentales por sí mismas y para entender el resto de materias científicas, aparte de que son claves en un mundo cada vez más tecnológico. Ambas habilidades se desarrollan en esta etapa y, como todas las experiencias, modificarán el cerebro.

La escritura es un constructo cultural que surgió hace unos seis mil años. El ser humano ya no era nómada y se agrupaba en ciudades bien organizadas de muchos habitantes con más posesiones de las que se pueden contar con los dedos de las manos. Establecer normas de convivencia, la contabilidad o

comunicarse con personas de otras ciudades superaba la capacidad de la transmisión oral y exigió crear una nueva y sofisticada tecnología: la escritura. Basada primero en pictogramas¹⁰, que van complicándose para evolucionar a ideogramas¹¹, algunas culturas mediterráneas dan con un invento más sofisticado y surge el *alfabeto*: una genialidad que permite representar todo con un número limitado de signos, atribuyendo un sonido a cada uno de los grafismos. La escritura supone un salto enorme para las civilizaciones humanas, ya que, mientras el ADN transmite la herencia biológica, la escritura transmite la herencia cultural. Sin la lectura, la educación se ve mermada y perdemos parte de nuestra herencia.

Igual que el de nuestros antepasados de hace seis mil años, el cerebro del niño que inicia la primaria ha desarrollado ya los circuitos que posibilitarán la adquisición de la escritura. Como en todos los aprendizajes culturales, se trata de circuitos que inicialmente tienen otras ocupaciones, pero que con el entrenamiento adecuado servirán además para la lectura. Un sofisticado entramado de conexiones neuronales entre regiones visuales y del lenguaje que permite identificar y nombrar ideas, y que ahora se aprovecharán para leer. En concreto, las regiones visuales implicadas son las encargadas del reconocimiento de caras, de objetos y de formas geométricas, que ahora se especializarán para convertirse en el *área de la forma visual de las palabras*, dedicada a distinguir con precisión unas letras de otras, a aprender que las letras *A* y *a* son en realidad la misma letra, que el orden de las letras es importante, que ciertas combinaciones de letras son más frecuentes que otras, etc. Desde esta área, la información viaja hacia las regiones del lenguaje que permiten descodificar el escrito en palabras. En este enrevesado proceso participan áreas de la corteza occipital, parietal y temporal del hemisferio izquierdo. Si además la lectura se hace en voz alta, también se implican áreas frontales del lenguaje hablado. De forma sucesiva, se produce:

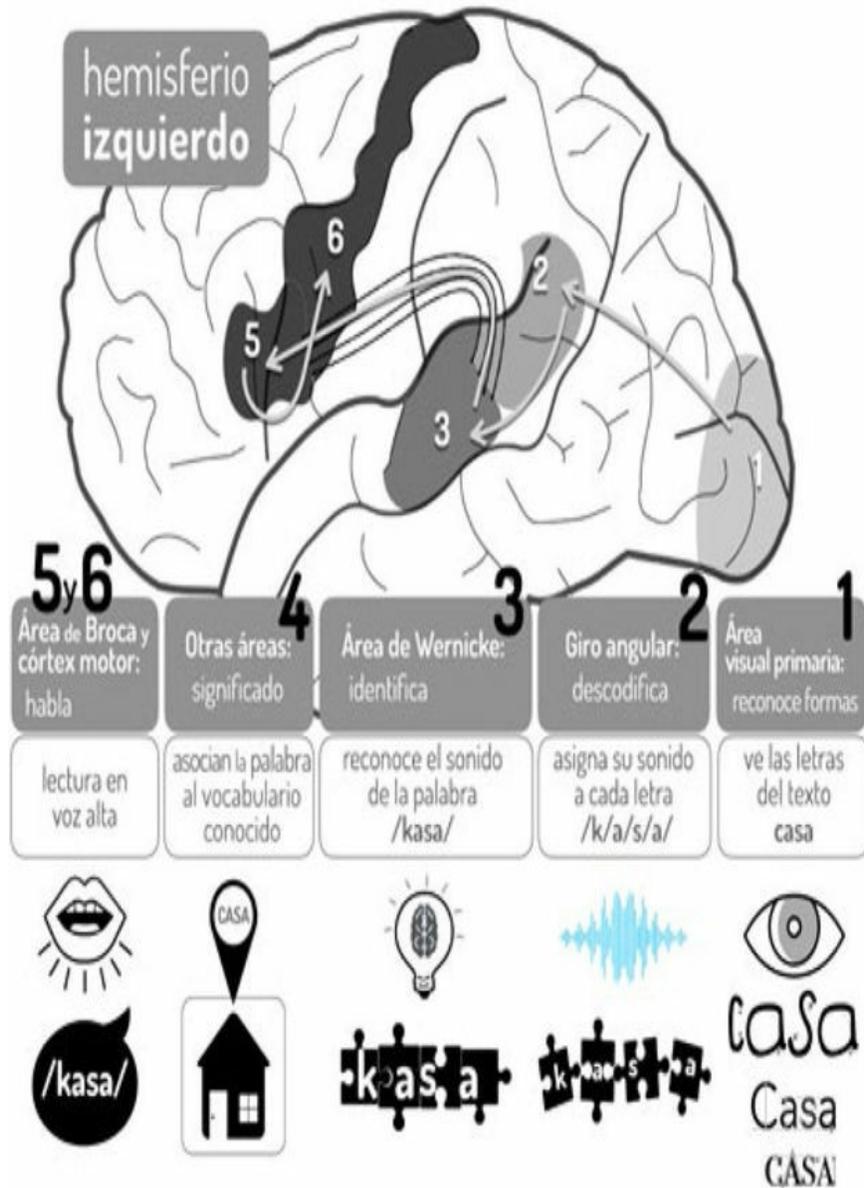


Figura 17.1. Proceso cerebral lector

1. Reconocer formas o letras – en el área visual primaria.
2. Asignar un sonido o fonema a cada letra – en el giro angular.
3. Reconstruir el sonido de la palabra e identificarla- en el área de Wernicke.
4. Asociar la palabra al vocabulario conocido, la formación de conceptos, razonamientos... – otras áreas cerebrales que la dotarán de significado.
5. Si la palabra se lee en voz alta, se activarán las zonas motoras del

lenguaje: el área de Broca y el córtex motor.

En los primeros cursos de primaria, el niño aprende la *mecánica lectora*, que no es otra que asociar una letra o *grafema* a un sonido o *fonema*. Mientras se aplica, las neuronas del *área de la forma visual de las palabras* se van especializando en la lectura y mejora su respuesta ante la palabra escrita, al mismo tiempo que decrece su eficacia para las otras aptitudes que le habían sido asignadas genéticamente. A partir de los ciclos medio y superior de primaria, el objetivo es leer para comprender. La lectura ha de ser mucho más ágil y se vuelve inconsciente, de manera que el cerebro accede cada vez con más rapidez y fidelidad al sonido de cada letra para formar palabras automáticamente y convertirse así en la herramienta fundamental de la educación. A medida que mejora el proceso, aumenta la actividad del circuito lector y, por tanto, su eficacia. Cuanto más lee el niño, más se especializan sus circuitos en la lectura y más crecen las áreas visuales de la corteza cerebral que reciben la información de la zona horizontal de la retina, que es donde se sitúan las letras. Además, como nuestra escritura es fonética, cuanto más leemos, mejor desciframos el sonido de las palabras habladas y más mejora nuestra memoria oral. En el cerebro del lector experto las áreas auditivas que responden al sonido del lenguaje hablado —el *planum temporale*— se activan con mayor eficacia que en el analfabeto. De esta manera, la pronunciación de las palabras de quien lee es mucho más correcta y precisa que la de quien no lee. La conciencia fonológica del lector es mucho mejor que la del analfabeto, lo que facilita también el dominio del habla.

Los humanos poseemos un talento innato para comprender las cantidades y, como sucede con el lenguaje, esto tiene también una base genética. Igual que sucede con la lectura, las habilidades matemáticas básicas son culturales y su desarrollo no está programado genéticamente, por lo que precisa de un esfuerzo para aprenderlo. El lenguaje matemático presenta un sistema simbólico específico y cultural llamado *numeración arábiga*, que también implica al sistema visual y requiere para su desarrollo que el niño haya adquirido con anterioridad la capacidad de representarse mentalmente los números. No se trata de aprender a contar de forma mecánica, sino de comprender las secuencias y cantidades, por lo que la noción de unidad es fundamental para avanzar en las matemáticas. Poco a poco, los circuitos

cerebrales que permiten comprender de forma innata las cantidades se reciclan y se perfeccionan para conseguir la representación mental de los números naturales y asociarles el símbolo numérico correspondiente.

El cálculo es una habilidad precisa que necesita ser competente en el manejo de cantidades. Involucra el surco intraparietal de la corteza cerebral que está relacionado con el procesamiento de la información espacial y parece ser el centro neurálgico del *sistema numérico principal*. Este sistema, de enorme complejidad, implica otras muchas áreas, ya que calcular, además del conocimiento numérico, exige una alta concentración, memoria y el propio lenguaje para leer y nombrar los números.

Los niños, que empiezan utilizando los dedos para contar, primero cuentan en voz alta y luego usan las operaciones aprendidas de memoria, como las tablas de multiplicar. Cualquiera de estas formas de calcular se produce en el *sistema numérico principal*, aunque las operaciones aritméticas sofisticadas requieren de los circuitos y mecanismos viso-espaciales, y las tablas de multiplicar dependen más de la memoria verbal. Igual que la lectura, el cálculo y las matemáticas involucran, pues, a amplias áreas cerebrales.

También las nociones matemáticas modifican los circuitos cerebrales. Las personas con formación matemática tienen un mayor desarrollo de los circuitos implicados en la información viso-espacial y numérica, y apenas necesitan utilizar los circuitos del lenguaje cuando se les proponen tareas matemáticas complejas. Por otro lado, las personas sin formación matemática no tienen desarrollados estos circuitos, de modo que utilizan más la memoria verbal.

No solo las oportunidades de aprendizaje social y emocional dejan huella en nuestro cerebro, también los académicos facilitan la creación y modificación de diferentes circuitos que agilizan los procesos cognoscitivos que entrenamos con el estudio.

Así pues, lo que el niño aprende en el colegio modifica y mejora su forma de enfrentarse al mundo, y facilita la toma de decisiones que deberá asumir en su día a día.

**«No es posible atender a lo que no se
comprende ni comprender sin atender».**

Notas al pie

10. Un *pictograma* es ‘una grafía que representa un objeto concreto’.
11. Un *ideograma* representa un morfema, una palabra o una frase determinada.

Capítulo 18:

La inteligencia

Aunque la escolarización y el estudio proporcionan mejores oportunidades de futuro, no garantizan independencia económica ni éxito social. De forma errónea, equiparamos educación y enseñanza, pero una persona instruida puede ser una perfecta grosera, mientras que una analfabeta puede ser una persona educada. Seguro que todos preferimos tratar con la segunda. La educación permite a un niño desarrollar su personalidad y valores morales. Los estudios académicos le dotarán de las competencias imprescindibles para ser un adulto independiente, integrado en una tradición cultural de la que es heredero y a la que enriquecerá en el futuro con sus propias aportaciones. Para mí, la educación depende sobre todo de los padres y las enseñanzas escolares del colegio. Evidentemente, una y otras están muy imbricadas, por lo que el reparto de tareas será efectivo si padres y maestros están de acuerdo, en el fondo y en la forma, y colaboran con complicidad.

También tiende a confundirse inteligencia con instrucción, pero la inteligencia es mucho más que la simple competencia académica, y aunque de forma intuitiva todos entendemos lo que significa, intentar definirla resulta muy difícil. Las palabras son signos convenidos y el *Diccionario de la Real Academia Española* (DRAE) recoge el consenso dado por los hablantes de español al término *inteligencia*: «capacidad de entender o comprender»; «capacidad de resolver problemas»; «conocimiento, comprensión, acto de entender»; «habilidad, destreza y experiencia»; «sustancia puramente espiritual». Estas definiciones descriptivas no aclaran qué es la inteligencia y,

de hecho, la última resulta incluso poética. Quizá la definición biológica sea más adecuada: «inteligencia es la capacidad que nos permite adaptarnos a situaciones nuevas para sobrevivir y solventarlas con éxito». Y, aun así, creo que se queda corta, pues me parece que solo hace referencia a la facultad adaptativa que poseen todos los seres vivos, sin tener en cuenta que en los humanos depende además de las nociones teóricas, las experiencias previas, la situación emocional y muchas otras circunstancias personales y puntuales. También el marco cultural y social son determinantes, pues lo que en un sitio se considera una respuesta inteligente, en otro puede ser un desastre. Pese a estar perfectamente adaptada a mi ambiente, no me veo igual de capaz en otros contextos, como por ejemplo el Alto Atlas o la estación espacial internacional. Desde el punto de vista del neurodesarrollo, opino que podríamos definir la inteligencia como «el resultado de los procesos mentales humanos que depende del momento evolutivo de cada persona».

La definición más aceptada es quizá la de los psicólogos estadounidenses Michael W. Passer y Ronald E. Smith: «Inteligencia es la habilidad para adquirir conocimientos, pensar y razonar con eficacia y manejarse en el medio de modo adaptativo». Una definición operativa que podríamos decir que tiene tres variables: la capacidad de aprender, los conceptos adquiridos y el uso que se hace de ellos en cada circunstancia. La posibilidad de asimilar nuevos datos no es suficiente por sí sola, ya que los saberes varían en cada cultura y la adaptación mejora con la experiencia.

Por eso opino que los logros escolares, tal y como se evalúan en la actualidad, no son una medida de inteligencia, y que ceñirse solo a los contenidos académicos es más garantía de fracaso que de éxito. La escuela mide con cierta eficacia las competencias motoras, verbales, numéricas y lógicas, pero no tiene tan en cuenta otras como la imaginación, la creatividad, las emociones o las habilidades sociales. Un niño será un adulto de éxito si es capaz de utilizar lo que sabe para adaptarse a distintas situaciones. Así que no basta con valorar su talento para responder correctamente a un problema concreto, sino que sobre todo es necesario tener en cuenta su pericia para explorar todas las respuestas posibles a problemas más complejos que requieren de la imaginación y de soluciones creativas.

Como sucede de forma
continua a lo largo de todo el neurodesarrollo, no podemos **«Tiende a confundirse»**

detectar los problemas antes **inteligencia con instrucción».**

de que maduren las competencias afectadas, ni

tampoco los trastornos de los aprendizajes escolares pueden diagnosticarse antes de que se inicie la escuela primaria. Es, pues, en esta etapa cuando surgen las dificultades en la educación académica, muy probablemente relacionadas con la falta de especialización y consolidación de los circuitos que posibilitan la adquisición de estas enseñanzas formales. Es a partir de los seis años cuando puede hacerse el diagnóstico de Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH), dislexia, disgrafía o discalculia, entre otros. No es sorprendente que encontremos varios de estos problemas en un mismo niño, ya que el cerebro crece solapando unos circuitos con otros y las distintas aptitudes académicas comparten las mismas redes neuronales. La mayoría de los niños con estas dificultades son inteligentes, dado que su aptitud para aprender está intacta, pero aun así tienen dificultades en la atención selectiva, en la descodificación de fonemas, en la motricidad fina o en el cálculo mental. Lo apropiado es que la escuela adapte su metodología a sus peculiaridades, sin detrimento de sus oportunidades formativas.

A los diez años, la competencia lingüística del niño está muy avanzada. No solo domina el lenguaje hablado, sino que también ha estudiado sus elementos y el modo en que se organizan y combinan. Es capaz de leer y aprender leyendo, además de expresarse y estructurar su pensamiento a través del lenguaje oral y la escritura. Sus aptitudes matemáticas le ayudan a entender mejor el mundo. Es competente y autónomo en la relación con sus iguales, desde compañeros de escuela hasta hermanos o amigos del vecindario, con los que ha aprendido a establecer vínculos personales y sociales. Sus padres siguen siendo los que le proporcionan la seguridad necesaria para su desarrollo y los mayores le indican las normas que procura cumplir. Ha ganado en autonomía y autoestima, y está listo para enfrentarse a la revolución corporal, sobre todo cerebral, que va a experimentar en la siguiente etapa, compuesta por esos «maravillosos» años de la adolescencia.

Capítulo 19:

Tuneando la identidad

A partir de los diez años de edad y hasta los veinte, el neurodesarrollo inicia una etapa de grandes cambios como parte del crecimiento y maduración corporales. Es la adolescencia, la revolución final que lleva a la madurez adulta. Durante estos diez intensos años, el neurodesarrollo se acelera otra vez para modelar la personalidad y definir la identidad, en un proceso que continuará a lo largo de toda la vida, pero que es ahora cuando sienta sus bases.

La adolescencia está marcada por el poderoso influjo de las hormonas sexuales que guían la transformación del cuerpo infantil en el del adulto. La velocidad de crecimiento y los cambios madurativos son ahora mucho más rápidos y evidentes que en la etapa anterior. Los órganos sexuales internos y externos se capacitan para su función reproductiva y, a su vez, el cerebro completa su desarrollo. En los humanos, como en todos los animales vertebrados, con la madurez sexual culmina la del cerebro, que enseguida iniciará su declive. Es el ciclo de la vida: los seres vivos nacemos, crecemos, nos reproducimos y morimos.

Los humanos somos animales, aunque nos pese, y nuestro cometido biológico es la perpetuación de la especie. Una vez alcanzada la capacidad de procrear y asegurar así la transmisión de nuestro genoma, se inicia el envejecimiento, y parece ser que los mismos mecanismos que dirigen nuestro neurodesarrollo son los que se encargan también de hacernos envejecer. Pero antes disfrutamos muchos años de nuestra juventud adulta.

No corren la misma suerte los insectos, algunas ranas, los salmones, los lagartos o ciertas especies de calamar, que perecen poco después de aparearse. Y en Oceanía se conocen hasta diez especies diferentes de mamíferos, marsupiales insectívoros, cuyos machos mueren exhaustos tras maratónicas sesiones de hasta catorce horas de cópula con tantas hembras como encuentran dispuestas.

Pero los humanos tenemos más suerte que los calamares o los insectívoros de Australia, pues vivimos muchos años tras procrear, y aseguramos así la larga crianza de nuestros cachorros y disfrutamos malcriando a nuestros nietos. Aunque es cierto que nuestra conciencia, la que nos capacita para reflexionar sobre nosotros mismos y los motivos de nuestra existencia, nos hace trascender nuestros instintos primitivos, en el fondo los humanos somos como cualquier otro ser vivo: tan solo discurrimos en el tiempo, y lo interesante es elegir qué hacemos durante el que nos ha tocado vivir, elección que empezamos a definir en la adolescencia.

La pubertad comienza alrededor de los diez años y, aunque la enorme variación individual se revela distinta para cada sexo, su inicio es más precoz en las niñas. Aún desconocemos los mecanismos por los que en un determinado momento el hipotálamo se activa, parece despertar tras un largo letargo y de repente induce a la hipófisis a liberar grandes cantidades de hormonas sexuales. Bajo su influjo empiezan a aumentar los órganos reproductores internos —útero y ovarios en las niñas, testes y próstata en los niños— y emergen los primeros cambios puberales: el botón mamario en las niñas y el aumento testicular y del pene en los niños. Enseguida aparecerá el vello púbico, que en esta etapa es muy escaso, liso y poco pigmentado. Se inicia el famoso estirón, primero aumentan de tamaño manos y pies, luego brazos y piernas, y finalmente el tronco. En esta primera etapa, el aumento de la talla aún no es tan llamativo y los adolescentes presentan un aspecto desgarbado que, junto con la aparición del acné por el efecto de las hormonas, el crecimiento de la mandíbula, el cambio de voz y el escaso aumento del vello facial, les provoca extrañeza sobre su propia imagen, hasta el punto de que suelen tener la incómoda sensación de que todo el mundo los mira.

Entre los once y los trece años, la velocidad de crecimiento se acelera aún más: las niñas crecen entre ocho y nueve centímetros al año y los niños entre nueve y diez. El incremento de la grasa subcutánea y del músculo tiene lugar

unos meses después que el de la talla, así que el adolescente primero se estira y luego se rellena. Este incremento del tamaño corporal requiere un aumento del tamaño del corazón y de los pulmones, pero también de la presión arterial y del número de glóbulos rojos, lo cual dota al cuerpo de la resistencia propia del adulto. A la vez, la mejor integración de la precisión, rapidez y fuerza muscular confieren al movimiento características adultas. Las hormonas sexuales siguen madurando los órganos reproductores y los caracteres sexuales secundarios. En las chicas, aumenta el tamaño de las caderas, pechos y labios vaginales; y en los chicos, de sus hombros, pene y testículos. También el vello púbico va oscureciéndose y rizándose a medida que se hace más abundante y su distribución se extiende alrededor de los genitales. Las hormonas sexuales, además, estimulan las glándulas del sudor y la grasa de la piel, con lo que aparece el olor corporal y el acné. Aproximadamente un año después del estirón, las chicas tienen su primera regla, o *menarquia*, aunque la edad de aparición es muy variable y, entre otros factores, depende de la genética, la grasa corporal y el ejercicio.

Hacia los dieciséis años en las chicas y los dieciocho en los chicos, el crecimiento se ralentiza mucho, hasta que se detiene alrededor de los veinte. Aún se producen leves cambios en los caracteres sexuales secundarios, sobre todo en la distribución del vello corporal masculino que cubre ya pecho, barba y bigote, obligando al afeitado diario siempre que lo lampiño esté de moda.

Esta metamorfosis del adolescente es tan espectacular como la que sucede durante los tres primeros años de vida. En ambas etapas, la transformación se acompaña de un rápido crecimiento y maduración corporales, que se corresponden con profundos cambios en la estructura cerebral. Pero, mientras que en el niño pequeño el aumento del perímetro craneal es de dieciséis centímetros en tres años, apenas será de tres centímetros durante los diez años de la adolescencia, continuando la tendencia a frenar su velocidad de crecimiento que ya observamos a partir de los siete años de edad. El porqué de estos cambios tan importantes no se corresponde con un aumento de tamaño craneal proporcional al que sucede en edades más tempranas y se vislumbra, una vez más, a partir de las características de la maduración cerebral. Ahora los cambios son debidos a fenómenos que van a modificar de manera radical su estructura, y mientras unas áreas aumentan de tamaño, otras menguan. Esta reorganización cerebral permitirá el pensamiento

analítico adulto y se produce perfeccionando y modificando los circuitos que sustentan las facultades más básicas adquiridas en las etapas anteriores — dotar de sentido las percepciones, controlar la postura y la manipulación, dominar el lenguaje y la comunicación—, para que le permitan tomar decisiones basadas en la observación crítica de cada situación. Como en las etapas anteriores, los circuitos más utilizados se consolidan, para acelerar su transmisión eléctrica y volverla más efectiva al recubrir sus axones de mielina. Los conocimientos que no practique se perderán, ya que la falta de uso deshará las uniones sinápticas de sus circuitos. Ahora la eliminación de lo superfluo es abundante y marca todo el neurodesarrollo de esta etapa, que recibe el nombre de *poda sináptica* y explica dónde fueron a parar mis rudimentos de latín y mis clases de piano...

Esta pérdida de sinapsis fundamenta la reestructuración de las redes neuronales cerebrales. Además, no solo causa un adelgazamiento de la corteza, la sustancia gris donde están los cuerpos neuronales, sino que también un engrosamiento de la sustancia blanca, donde se sitúan las fibras de conexión entre estructuras cerebrales. Las conexiones que sobreviven a la poda adquieren mayor eficacia gracias a la mielinización, transmiten mejor la información y aumentan su competencia en una tarea. La corteza mejora su organización y efectividad al distribuir mejor sus funciones en áreas más especializadas. Todos estos cambios disminuyen el espesor de la corteza cerebral, que al inicio de la adolescencia era máximo y al finalizar queda reducido al del córtex adulto.

La poda sináptica de la adolescencia predomina en la corteza prefrontal de la parte más anterior del cerebro y es, por tanto, la última en madurar según el programa general establecido. Comparada con la de cualquier otra especie animal, la corteza prefrontal de los humanos tiene un tamaño mucho mayor, lo que al parecer guarda relación con sus funciones. Es la sede principal de los *circuitos decisorios*, donde se procesa y analiza la información que recibe el cerebro antes de dar la respuesta más adecuada a cada situación. Planifica objetivos, organiza la información según su relevancia, controla los impulsos y las emociones, evita distracciones al dirigir y mantener la atención en la ocupación que se realiza, evalúa los resultados obtenidos comparándolos con las expectativas previas...

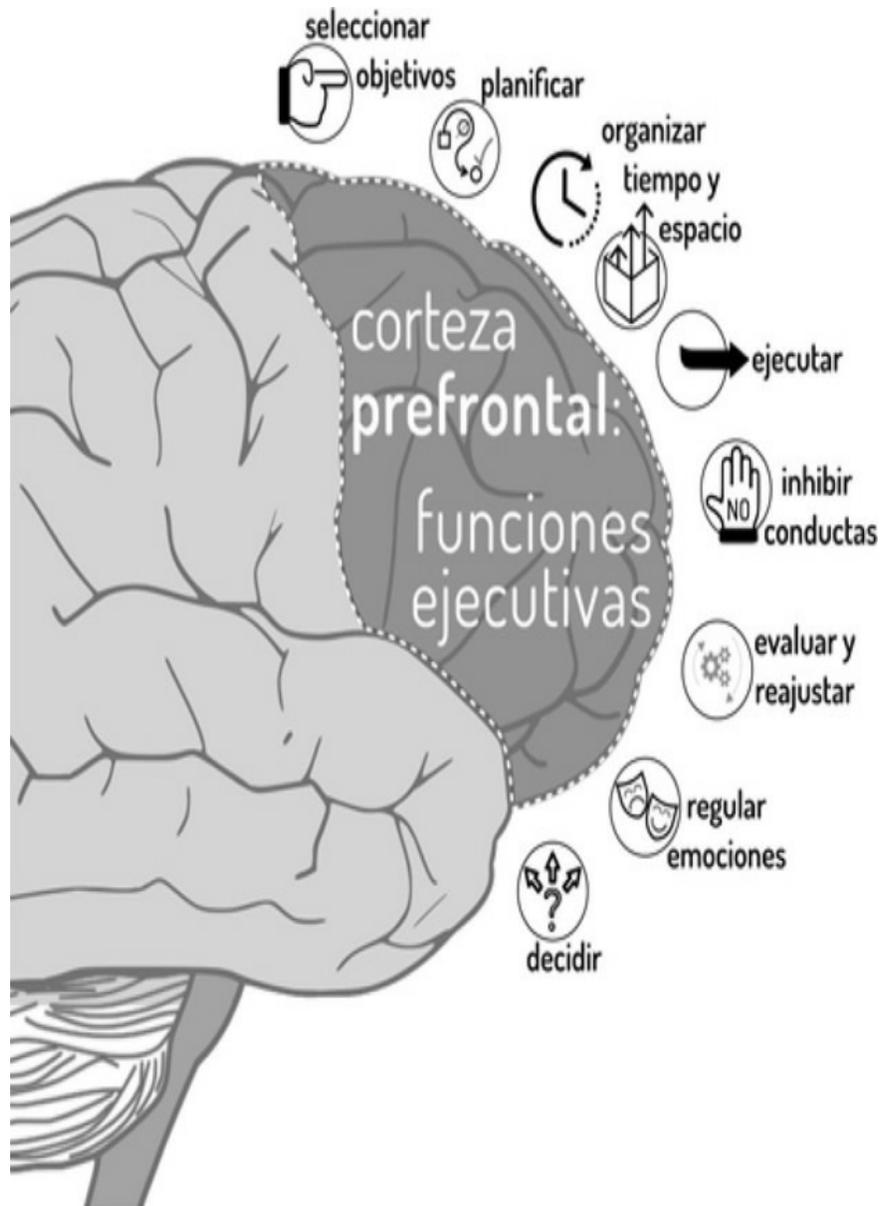


Figura 19.1. Funciones ejecutivas en las áreas prefrontales

Resulta fundamental para modular nuestra conducta, pues asume los cometidos necesarios para pensar de forma analítica y evitar que la prisa por satisfacer un deseo nos lleve a un comportamiento arriesgado o inadecuado. En el lenguaje popular, a esto se lo conoce como «tener dos dedos de frente». También es esencial para la interacción social, porque observa el comportamiento de los otros a través de sus acciones y gestos, analiza la mímica facial y, gracias a su carga de emociones, nos da pistas sobre el estado mental de los demás y nos permite ponernos en su lugar. Antes de que

el otro hable, nuestro cerebro puede intuir lo que está pensando. Precisamente, el adolescente aún no ha completado el desarrollo de estas funciones prefrontales, que no madurarán del todo hasta el final de la adolescencia.

Pero para tomar decisiones no basta con el análisis frío y objetivo de los datos que recibimos a través de los sentidos, pues en nuestras decisiones intervienen de forma inevitable las emociones moduladas por el sistema límbico. Su nombre viene del latín, *limbus*, que significa ‘frontera’, y hace alusión a un complejo entramado de estructuras que se disponen en círculo en la parte más profunda y central del cerebro, entre la corteza cerebral — reguladora del pensamiento consciente— y el hipotálamo —centro de las funciones corporales inconscientes—. Las estructuras exactas que componen el sistema límbico y el modo en que se conectan entre sí es aún objeto de discusión. En general, se acepta que dicho sistema está formado por partes profundas de la corteza cerebral, el bulbo olfatorio, el hipocampo, la amígdala y el hipotálamo, y que de su actividad coordinada emergen las emociones, los recuerdos y la conducta. Dado que el sistema límbico es el encargado de procesar las emociones, responde produciendo una sensación placentera cuando hacemos cosas divertidas y estimulantes. Esta recompensa incita al cerebro a repetir incluso cuando las acciones no son beneficiosas. Y como en el cerebro adolescente el sistema límbico ya está maduro, responde aún con más intensidad que el cerebro del adulto.

Pues bien, durante la adolescencia las áreas frontales van a integrar los circuitos emocionales y los racionales, precisamente porque son las que controlan y aúnan lo cognitivo y lo afectivo. Para que se produzca esta coordinación, sus circuitos se reestructuran y forman nuevas sinapsis, al principio débiles y fácilmente cambiantes, hasta que la desenvoltura para tomar decisiones mejore y, a fuerza de repetirse, se consoliden. Pero eso no es todo, porque en la adolescencia entran en acción las hormonas sexuales, que, además de ser responsables del cambio físico, también intervienen en el desarrollo emocional, mental, psicológico y social del adolescente.

Estas hormonas, presentes desde las primeras etapas de la gestación, intervienen en los procesos de sexualización del feto y ya inducen diferencias de tamaño en las diversas áreas cerebrales. El embrión no produce hormonas sexuales, puesto que sus órganos reproductores no han empezado a formarse. Durante la organogénesis, los fetos con un cromosoma X y otro Y

desarrollarán testículos que empezarán a liberar testosterona masculinizando al feto. Los que tengan dos cromosomas sexuales X formarán gónadas femeninas, u ovarios, que sin embargo no empezarán a liberar hormonas sexuales hasta la semana posterior al nacimiento. Luego, estas diferencias en la liberación hormonal continúan, y así los niños mantienen la secreción de testosterona hasta que a los nueve meses de edad se ralentiza, mientras la producción de estradiol de las niñas no se frena hasta los dos años de vida. Las hormonas sexuales se liberan en cantidades muy pequeñas durante toda la infancia y hasta la pubertad, cuando elevan mucho sus niveles en sangre y marcan de nuevo el desarrollo. Señalan las diferencias entre chicas y chicos porque tanto las hormonas como sus proporciones son distintas para cada sexo, debido a que aparecen a edades diferentes —antes en las chicas— y a que tienen patrones distintos: cíclico en las chicas, continuo en los chicos. Las hormonas sexuales femeninas condicionan una maduración más precoz de las regiones frontales que procesan el lenguaje, el control del riesgo, la impulsividad y la agresividad. En los chicos, las hormonas sexuales favorecen la maduración de las regiones del lóbulo inferior parietal, en donde se integran las tareas espaciales. El hipocampo y la amígdala cerebral también maduran, y así se consolida la memoria individual y la afectividad, imprescindibles para la formación de la propia identidad. Ambas estructuras son también distintas en chicos y chicas, lo que contribuye a las diferencias del desarrollo cognitivo y social que se aprecian durante la adolescencia.

EL CEREBRO ADOLESCENTE

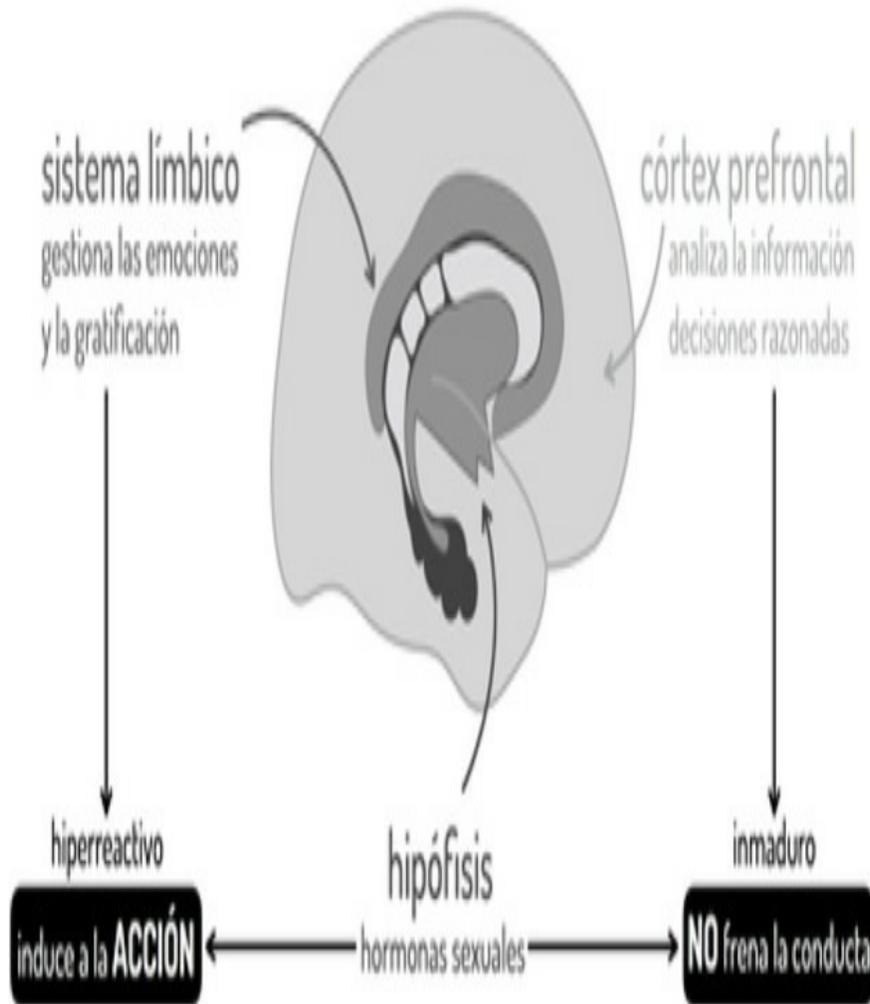


Figura 19.2. El cerebro adolescente

Sin embargo, y a pesar del importante papel que ejercen las hormonas sexuales en la maduración cerebral, en rigor no podemos decir que exista un cerebro típicamente femenino o masculino, ya que la continua exposición a las influencias culturales, a la relación con los otros y a las propias decisiones da lugar a vivencias únicas e irrepetibles que, a lo largo de la vida, dejan huella en los circuitos neuronales. Estas experiencias pueden paliar o acentuar el efecto de las hormonas en el cerebro, de manera que, por ejemplo, el interés de una chica por tareas visoespaciales estimulará el uso de áreas del

lóbulo parietal inferior, más sensibles a las hormonas masculinas. Y, por el contrario, el interés de un chico por la lingüística potenciará sus áreas frontales del lenguaje. En las sociedades occidentales del siglo xxi, la mayoría de profesiones las ejercen de forma indistinta hombres y mujeres, sin que existan diferencias atribuibles al sexo en cuanto a su competencia. Tampoco hay ocupaciones propiamente masculinas o femeninas. Así, la peluquería, la jardinería, el diseño de moda, la pastelería o la decoración requieren para su ejercicio de aptitudes visoespaciales concretas, mientras que en la judicatura, la publicidad, la psiquiatría o el trabajo de agente comercial es muy importante tener un buen dominio del lenguaje. En definitiva, las hormonas predisponen al desarrollo de un cierto patrón de maduración cerebral, pero no son concluyentes.

Así pues, el cerebro del adolescente está sometido a un intenso proceso de remodelación y es especialmente sensible a las experiencias externas, que serán determinantes en el desarrollo de su identidad, a la vez que las nuevas capacidades analíticas le permiten adquirir el pensamiento crítico que lo preparará para la vida adulta.

Se espera del adolescente que el abandono progresivo de la dependencia familiar lo convierta en un individuo autónomo, contribuyente y partícipe de su sociedad. Aprende a partir de sus relaciones interpersonales y de grupo, con el inconveniente de que sus iguales están en sus mismas condiciones de inmadurez, pero con la ventaja de que todos en conjunto forjarán los cambios de su propia generación. Todo les parece nuevo y por estrenar. En la adolescencia, todo son cambios, impulsos, emociones... sin olvidar el interés creciente por la actividad sexual.

Los procedimientos mentales del adolescente se van transformando desde un pensamiento basado en lo concreto hacia una cognición más analítica y lógica que lo habilita para elaborar abstracciones complejas. Empieza a incluir distintos puntos de vista en la resolución de problemas e incorpora los criterios de otros en la formación de sus ideas personales, a la vez que reflexiona sobre el propio proceso del pensamiento. Estos cambios le permiten concebir reglas generales a partir de casos particulares, imaginar distintas respuestas a una situación y aprender a elegir la más conveniente. Pero, cuando los adolescentes las ponen en práctica, suelen equivocarse porque, a pesar de ser capaces de aplicar la lógica a sus materias escolares, la fuerza con la que sienten sus emociones interfiere en el análisis pausado de la

razón, lo cual los lleva a emprender acciones personales arriesgadas que incluso los ponen en peligro. Por otra parte, las implicaciones morales de sus actos se someten a la valoración de sus iguales, cuya influencia en la adolescencia temprana es mayor que la de los adultos, diluyendo así sus responsabilidades en las del grupo. Aparecen los cambios en la manera de vestir y de arreglarse, que se alejan de los gustos de sus adultos para uniformizarse con los de su grupo de edad, con lo que parece que van todos vestidos igual. Los adultos que no forman parte del núcleo familiar se convierten a menudo en modelos que seguir e imitar: desde ídolos deportivos hasta cantantes o actores despiertan su interés, pero también profesores, monitores o entrenadores pueden ejercer una gran influencia en ellos.

Si bien la metamorfosis cognitiva y conductual de los adolescentes está modulada por sus circunstancias, en todas las culturas y épocas de la historia se observan tres cambios comunes: el interés por la novedad, la tendencia a correr riesgos y la preferencia social por su grupo de iguales por encima de la familia.

La respuesta social a estas características es y ha sido muy variada. Así, en la Antigua Roma, aun siendo más permisiva, un escritor latino recomienda esto en una de sus obras: «Regresa de cenar lo antes posible, porque hay una banda sobreexcitada de muchachos de las mejores familias que saquean la ciudad». Las pandillas de jóvenes, agrupadas en asociaciones llamadas *collegia iuvenum*, recorrían de noche las calles para abusar de su estatus y superioridad numérica pegando a transeúntes, manoseando a las mujeres o destrozando tiendas. El propio emperador Nerón participó de estos desmanes con su pandilla de juventud y, en una ocasión, un senador al que habían atacado le propinó una buena paliza antes de reconocerlo. Estos privilegios de juventud se perdían con el matrimonio, que convertía al joven en un ciudadano respetable.

Muy diferente consideración tenían estos impulsos adolescentes en el medievo inglés. Se creía que los padres no podían enseñarlo todo, así que criaban a sus hijos hasta los diez años para luego enviarlos a trabajar como empleados o aprendices lejos del hogar. Así lo explica un asistente del embajador de Venecia en Inglaterra, hacia el año 1500:

Los ingleses mantenían a sus hijos en casa hasta la edad de siete o nueve años a lo sumo, pero luego los echaban, tanto a los hombres como a las

mujeres, para que sirvieran en residencias de otras personas, obligándolos a permanecer allí generalmente por otros siete o nueve años. Todo el mundo, por muy rico que sea, despide a sus hijos para recibir a otros extraños a cambio.

Parece ser que con esta costumbre los ingleses se libraban de mantener a sus hijos y podían ahorrar, porque al sirviente o al aprendiz se le alimentaba peor y se le hacía trabajar más horas. Un contrato obligaba al aprendiz a comportarse de forma correcta y a sus tutores a alimentarlo y a enseñarle su oficio. Pero tantos años de buen comportamiento, en una edad intensa como la adolescencia, se hacían insoportables para los jóvenes, que a menudo acababan frecuentando prostíbulos o casas de juego. Otras veces los aprendices de distintos gremios se enzarzaban en violentas peleas callejeras, que llegaban a desbordar el control de las autoridades sin que los brutales castigos corporales sirvieran para enmendar estas conductas.

Casi todos los mamíferos sociales presentan también estos cambios de comportamiento durante la adolescencia, sugiriendo que su origen es biológico y que confiere una ventaja evolutiva para la especie. Alentar la separación de la familia evita la endogamia y, además, el interés por la novedad y los riesgos fomenta el desarrollo de nuevas formas de supervivencia.

A medida que se produce la integración y el equilibrio entre las emociones y el pensamiento analítico, surge la búsqueda de la identidad propia —«¿Quién soy yo? ¿Cómo soy? ¿Qué quiero hacer?»— y lo que antes parecía seguro se percibe como cambiante. Su capacidad decisoria se le hace más consciente al avanzar la adolescencia, y es habitual que en su búsqueda cambie a menudo de grupo de amigos o de intereses. La introspección se intensifica y el grupo pierde influencia en sus decisiones. Por todo esto, con frecuencia se sienten inseguros y desgraciados.

Pero las cosas no son iguales para chicos y chicas. En general, las chicas son más sensibles a los matices emocionales y buscan la aprobación social, puesto que su prioridad es la aceptación, agrandar y gustar a través de las relaciones de grupo. Ya que los estrógenos activan la liberación de dopamina —placer— y de oxitocina —apego—, las conversaciones íntimas con sus amigas fortalecen estas relaciones sociales y la liberación de ambas sustancias en el cerebro. Por su parte, en los chicos el aumento de la

testosterona favorece la liberación de serotonina, que realiza un papel importante en la regulación de la agresividad y estimula la independencia y la competitividad, cualidades que suelen satisfacer a través del deporte o la actividad sexual. También suelen ser más temerarios, porque confían más que ellas en sus posibilidades de éxito y subestiman el peligro de determinadas conductas.

El interés por el sexo se inicia con los primeros cambios puberales, si bien la sexualidad humana es tan poliédrica que incluye muchas variables en su desarrollo. La conducta sexual y su relación con las emociones, los intereses y fantasías o la orientación sexual y los roles de género tienen un potentísimo componente cultural que dificulta su estudio desde una perspectiva puramente neurocientífica. Es casi imposible aislar los factores culturales para poder estudiar los biológicos, puesto que unos modifican a los otros y se imbrican mucho entre sí. El inicio de la práctica sexual y la forma en que sucede cambian de forma notable de un ambiente a otro. El sexo del individuo y la relación con sus padres, así como la de los padres entre ellos, las creencias religiosas, el consumo de tóxicos como alcohol, tabaco y drogas o el acceso a la pornografía son factores que influyen en la edad de inicio de la actividad sexual. Sin embargo, el factor más determinante es la influencia de la presión social que ejercen sus iguales, de modo que la mayoría de jóvenes tiene su primera relación sexual porque sus amigos y compañeros ya la han tenido. En España, la edad media del inicio de la actividad sexual se ha rebajado, en las últimas décadas, de los diecinueve a los quince años, y las diferencias entre sexos son cada vez menores. Aunque los chicos siguen siendo más precoces, tienen más parejas, su conducta es más arriesgada y su deseo y fantasías parecen más intensos que en las chicas, que tienden a asociar el sexo al amor y al compromiso.

En esta etapa de construcción de la personalidad, el desarrollo de la identidad sexual es un elemento fundamental que abarca convicciones sobre la atracción y la orientación sexual, el amor, la ética y el decoro. Se trata de un proceso complejo y prolongado en el tiempo durante el cual el adolescente necesita experimentar para formarse como individuo. En este sentido, los encuentros homosexuales no siempre indican una orientación sexual definitiva, pero cuando efectivamente sí se corresponde con su orientación real, el rechazo que sufren los homosexuales en las sociedades más conservadoras genera altos niveles de ansiedad, de tal punto que al intentar

ocultarla se predisponen a caer en conductas de riesgo que pueden perjudicar seriamente su salud.

Así que, como a lo largo de todo el neurodesarrollo, el papel de los padres también es fundamental en el desarrollo sexual de los hijos. El despertar sexual es un asunto de máximo interés en la vida y en el día a día del adolescente, quien además busca emanciparse de la supervisión parental para tomar sus propias decisiones. Si los padres no hablan con su hijo de cuestiones amorosas y sexuales, si evitan tratar temas relacionados con los cambios tan notorios que experimenta su cuerpo, el adolescente buscará respuestas en otra parte. Procurar un espacio sin interrupciones y escuchar con atención y tranquilidad facilitan la intimidad y muestran al adolescente el interés de sus padres por todo lo que le concierne. En una familia donde hay buen trato y comunicación fluida, no solo entre los progenitores sino también con los hijos, los consejos parentales se convierten en referencia para el adolescente. Las relaciones de confianza permiten abordar conversaciones que de otro modo pueden resultar difíciles y son necesarias porque el adolescente tiende a sobreestimar lo que sabe sobre sexualidad. Esa percepción típicamente adolescente de que «ya lo sé todo sobre el tema» favorece la precocidad sexual, que suele asociarse a una mayor promiscuidad y a prácticas sexuales de riesgo, lo que aumenta la incidencia de enfermedades de transmisión sexual y los embarazos no deseados.

El desarrollo emocional y hormonal del adolescente es más precoz que el de su razonamiento analítico. Le importa sobre todo lo que opine su grupo de amigos, con los que se comunica de forma ubicua y constante a través de las redes sociales compartiendo contenido de internet, su principal fuente de información, sin supervisión adulta. La red le permite acceder sin esfuerzo y de forma anónima a contenidos sexuales, y a menudo pornográficos, para los que no está preparado. Desde canales de *Youtubers*¹² hasta canciones y anuncios dirigidos a los más jóvenes tienen un contenido cada vez más sexual, presentado con una falsa naturalidad que su inexperiencia acepta como la norma. Basta con escuchar con atención la letra del último éxito del verano, «Despacito», de Luis Fonsi, que cantan hasta los más pequeños, para darse cuenta de cómo se ha erotizado nuestra sociedad. Estas representaciones distorsionadas de la sexualidad humana acaban imponiéndose y llevan a confusiones. Así, nos sorprende comprobar como

muchos jóvenes creen que tener sexo es una relación de poder disociada del afecto, en la que el hombre puede poseer a la mujer cuando le plazca y la mujer siempre debe estar dispuesta a responder a esa demanda, que los celos son una prueba de amor o que la violencia machista que impregna la pornografía se acabe percibiendo como normal por los adolescentes que la consumen.

También el riesgo de iniciarse en el consumo de tóxicos es muy elevado en la adolescencia, y en nuestro medio sucede en torno a los trece años. Hasta el 84 % de los adolescentes ha consumido alcohol alguna vez, y el 43 % ha fumado. Fumar y beber son costumbres sociales aceptadas y muy extendidas, pese a constituir uno de los principales problemas de salud a nivel mundial y ser hábitos que pueden causar la muerte: respectivamente, cincuenta mil y ocho mil muertes al año en España. Ambos tóxicos crean adicción y a su vez aumentan la probabilidad de probar otras sustancias tóxicas y adictivas como el cannabis, el éxtasis o la cocaína, todas ellas potencialmente dañinas para el cerebro, sobre todo en un momento en que es más vulnerable debido a sus muchos cambios. Pero la percepción del riesgo de su consumo es desigual y muchos adolescentes consideran inocuo fumar cannabis. Se equivocan al creer que es menos dañino que el tabaco, porque no parece estar relacionado con la aparición de cáncer, sin embargo, son muchos los estudios que asocian su consumo con el desarrollo de enfermedades mentales como la esquizofrenia o el trastorno bipolar.

A medida que se completa, el desarrollo de las regiones prefrontales permite frenar los impulsos emocionales. En las últimas etapas de la adolescencia, la identidad sexual se estabiliza y disminuye la experimentación, lo que resulta en una búsqueda de relaciones duraderas más basadas en el amor y el compromiso. El egocentrismo pierde fuerza y aumenta el interés por temas sociales como la justicia, el patriotismo o la historia. Pero, tal vez debido a la inexperiencia, su visión es idealista y a menudo intolerante con otros puntos de vista, por lo que le resultan atractivos grupos políticos o religiosos que ofrecen respuestas fáciles a cuestiones complejas.

Al acabar la adolescencia llega también el momento de tomar decisiones importantes, ya que su futuro personal y profesional apremian conforme desarrolla su rol social. Con la mayoría de edad legal, el adolescente se convierte en un miembro de pleno derecho de su comunidad y debe asumir

también sus obligaciones sociales, pero la edad es un dato arbitrario y no todas las personas alcanzan la madurez al mismo ritmo.

La búsqueda de su independencia y de la aceptación social, el amor por el riesgo y la novedad, y el mal control de sus impulsos son rasgos característicos de los adolescentes que pueden llegar a desesperar a los adultos con los que se relacionan. Como hemos visto, estas actitudes ponen de manifiesto los cambios que se producen en el cerebro de los jóvenes mientras se establecen y consolidan los últimos circuitos cerebrales antes de que termine su neurodesarrollo. Esta enorme plasticidad se modela con la experiencia, la educación y la propia conducta, lo que ofrece aún nuevas oportunidades educativas para fomentar el aprendizaje y la creatividad, y mejorar nuestro futuro y desarrollo como sociedad.

«Esta metamorfosis del adolescente es tan espectacular como la que sucede durante los tres primeros años de vida».

Nota

12. Persona que comparte, produce o aparece en vídeos del sitio web YouTube.

Capítulo 20:

Comer y dormir

De una célula a un adulto, la humana es la especie de mamíferos que más tarda en completar su crecimiento y neurodesarrollo. Para que este largo proceso madurativo sea exitoso necesitamos energía y descanso. Su carencia causa interferencias en la salud y en el neurodesarrollo, que serían evitables y subsanables la mayoría de las veces.

La energía que se obtiene de los alimentos se utiliza para generar y regenerar tejidos, movernos y mantener el medio interno en las condiciones óptimas de funcionamiento con las proporciones adecuadas de agua, proteínas, azúcares, grasas, minerales y vitaminas para que el organismo pueda realizar sus funciones con normalidad. Las necesidades energéticas son distintas para niñas y niños y varían con la edad, la actividad física, las condiciones del medio y el estado de salud. La fiebre, por ejemplo, aumenta el consumo de energía del metabolismo en un 10 % por cada grado centígrado que sube la temperatura. También los requerimientos dietéticos de nuestro organismo variarán si hace frío o calor, si estamos al nivel del mar o en zonas altas de montaña, si el clima es soleado o casi siempre nuboso. En fin, que son muchas las circunstancias que influyen en las necesidades alimentarias.

Simplificando toda esta enorme complejidad, y con la idea de comprender mejor el porqué de los cambios normales en la dieta que suceden en la infancia, podemos decir que en épocas de mayor crecimiento será necesaria una mayor ingestión y que, aun siendo adecuado el aporte alimenticio, el

organismo redistribuirá la energía para utilizarla según las prioridades de cada momento del desarrollo. Así pues, en los tres primeros años de vida, en que el peso se cuadruplica y la talla se dobla, la demanda energética es máxima y el niño come mucho y con apetito. Después, durante los años de crecimiento lento, las necesidades nutricionales disminuyen y el niño come menos porque tiene menos hambre, lo que a veces preocupa innecesariamente a la familia. Por fin, con el estirón puberal, vuelve a aumentar el consumo energético y, hacia los diez años en las niñas y doce en los niños, aparece un apetito voraz con una ingesta calórica enorme, mayor que en cualquier otra etapa de la vida. Así, las niñas de entre doce y catorce años tienen unas necesidades nutricionales superiores a las de sus madres, y los chicos de dieciséis, a las de sus padres.

Alrededor del 50 % de todas las calorías que consumimos se dedican al mantenimiento del funcionamiento corporal normal, y entre el 8 y el 10 % se pierden por las heces y en forma de calor. La distribución del resto del gasto energético varía con la edad y la actividad física. En el recién nacido, entre el 25 % y el 30 % de la energía alimenticia se utiliza sobre todo para generar nuevos tejidos y crecer, ya que su movilidad es mínima y apenas consume un 10 %. A medida que aumenta su autonomía y su capacidad de aprender, la cantidad de energía dedicada al crecimiento no excede el 12 % de la ingesta total, y del 25 al 30 % restante se reparte entre la actividad física y la cerebral. De los tres a los diez años, cuando el crecimiento corporal se reduce al mínimo, el cerebro infantil consume hasta el 66 % de la energía corporal, lo que pone en relieve que la especie humana prioriza el aprendizaje al crecimiento y nos da una idea de la importancia que para la supervivencia tiene la herencia cultural. La principal fuente energética del cerebro es la glucosa, que está en altas proporciones en los hidratos de carbono, y esto probablemente explica la preferencia a esta edad por alimentos como la pasta, el arroz o los dulces. Con la pubertad, el crecimiento vuelve a cobrar protagonismo. El aumento de la talla corresponde al 20 % del total de la que tendrá de adulto, y el peso, al 50 %. Pero, sobre todo, son muy importantes los cambios en la distribución de la masa corporal. Por un lado, hay un importantísimo aumento de la masa ósea en ambos sexos, hasta un 60 %; por otro, la masa grasa femenina alcanzará el 20-25 % del total corporal y la masculina menos del 20 %. Por su parte, la masa muscular aumenta por igual en ambos sexos hasta los doce años, para después acelerarse en los chicos y

ralentizarse en las chicas. Todos estos cambios resultan en las características físicas propias de cada sexo. En general, en ambos sexos, aparece un mayor apetito por los alimentos ricos en proteínas, especialmente la carne.

También el sueño es imprescindible para la salud y para un correcto desarrollo. Dado que los humanos pasamos más de un tercio de nuestra vida durmiendo, tanta dedicación evidencia su importancia.

A lo largo de las veinticuatro horas del día,

nuestro organismo atraviesa diferentes fases de actividad, pasando del sueño a la vigilia. Mientras estamos despiertos, nuestra ocupación principal es relacionarnos con lo que nos rodea, de donde recibimos la información que procesa el entramado de las redes neuronales de nuestro cerebro para reaccionar de forma consciente. Esta actividad cerebral de la vigilia no es constante, sino que fluctúa en ciclos de unos noventa minutos, durante los que se suceden períodos en que es máxima, cuando estamos alerta y con la atención sostenida, y otros en los que es mínima y perdemos la concentración. Por otra parte, durante el sueño, el cerebro desconecta de su continua interacción con el medio, aunque sigue bien activo y ocupado en muchas cosas que, o bien no suceden, o bien suceden de otro modo mientras está despierto. La escasa actividad física corporal disminuye el tono muscular, la frecuencia cardíaca y la respiratoria, la tensión arterial... Como resultado, se produce una reducción del gasto energético que permite regular la temperatura, el metabolismo y la actividad hormonal, que sincroniza con el sueño sus ritmos oscilantes de secreción. Por ejemplo, se segrega la hormona del crecimiento, que también interviene en la reparación de tejidos y en el funcionamiento de otros órganos. Los sentidos siguen activos, aunque cambia la forma en que se procesa la información, que además se incorpora a los sueños. También mientras dormimos se eliminan los residuos acumulados durante los procesos cerebrales de la vigilia. Se regula y restaura la actividad eléctrica cortical, y reposan unos circuitos mientras se prueban otros, en lo que supone un proceso fundamental para consolidar lo aprendido, que

«Las niñas de entre doce y catorce años tienen unas necesidades nutricionales superiores a las de sus madres, y los chicos de dieciséis, a las de sus padres».

contribuye en la infancia a la maduración cerebral y en la edad adulta a la adaptación a nuevas situaciones. Por eso mejora la memoria tras una noche de sueño reparador. Hay, además, una activación inmunológica que incrementa la producción de anticuerpos y mejora nuestra resistencia a las infecciones. Tampoco durante el sueño la actividad cerebral es homogénea, pues pueden distinguirse dos estados principales: el sueño sin movimientos oculares rápidos, diferenciado a su vez en varias fases que van desde el sueño más ligero —fase I— al más profundo —fase IV—, y el sueño con movimientos oculares rápidos (REM, por sus siglas en inglés) o paradójico. Durante la noche, pasamos de forma cíclica de uno a otro varias veces. En el adulto, un ciclo de sueño va de la fase I-IV al sueño REM y tarda entre noventa y ciento diez minutos en completarse, tras lo cual se repite varias veces a lo largo de toda la noche. Pero, mientras que en la primera mitad de la noche los períodos de sueño profundo son largos y los de sueño REM son cortos, en la segunda mitad sucede justo lo contrario. Así, al principio del sueño predomina el estado no REM y al final el sueño REM. La estructura de sueño del niño es muy similar, aunque la duración total del sueño, el número de ciclos que realiza y la duración y relación de cada uno de ellos cambian con la edad.

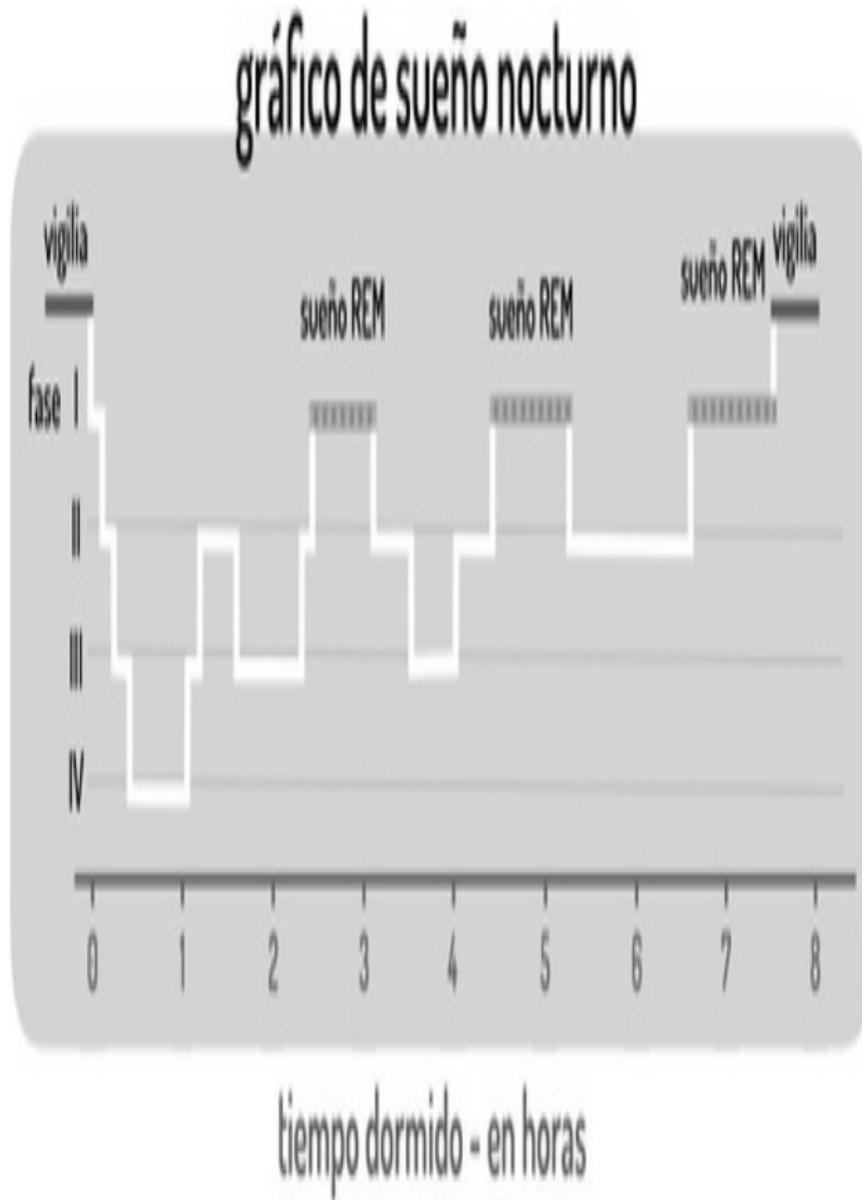


Figura 20.1. Fases del sueño

También la duración y alternancia entre el sueño y la vigilia varían atendiendo a factores culturales y biológicos. La mayoría de adultos en occidente completan un ciclo de vigilia-sueño cada veinticuatro horas, por lo que decimos que es un ritmo *circadiano*, de cerca de un día, dividido en una vigilia de dieciséis horas y un sueño de ocho. Sin embargo, un recién nacido tiene un ritmo mucho más corto, *ultradiano*, que repite varias veces a lo largo del día en ciclos de sesenta minutos, de los cuales veinte está despierto, veinte en sueño profundo —equivalente a la fase no REM— y veinte en

sueño agitado —equivalente a la fase REM—, llega a dormir hasta veinte de las veinticuatro horas del día. Necesitará años, los de mayor aumento del volumen cerebral, para que el ritmo ultradiano se convierta en circadiano, lo cual exigirá una reducción y concentración previas de las horas de sueño.

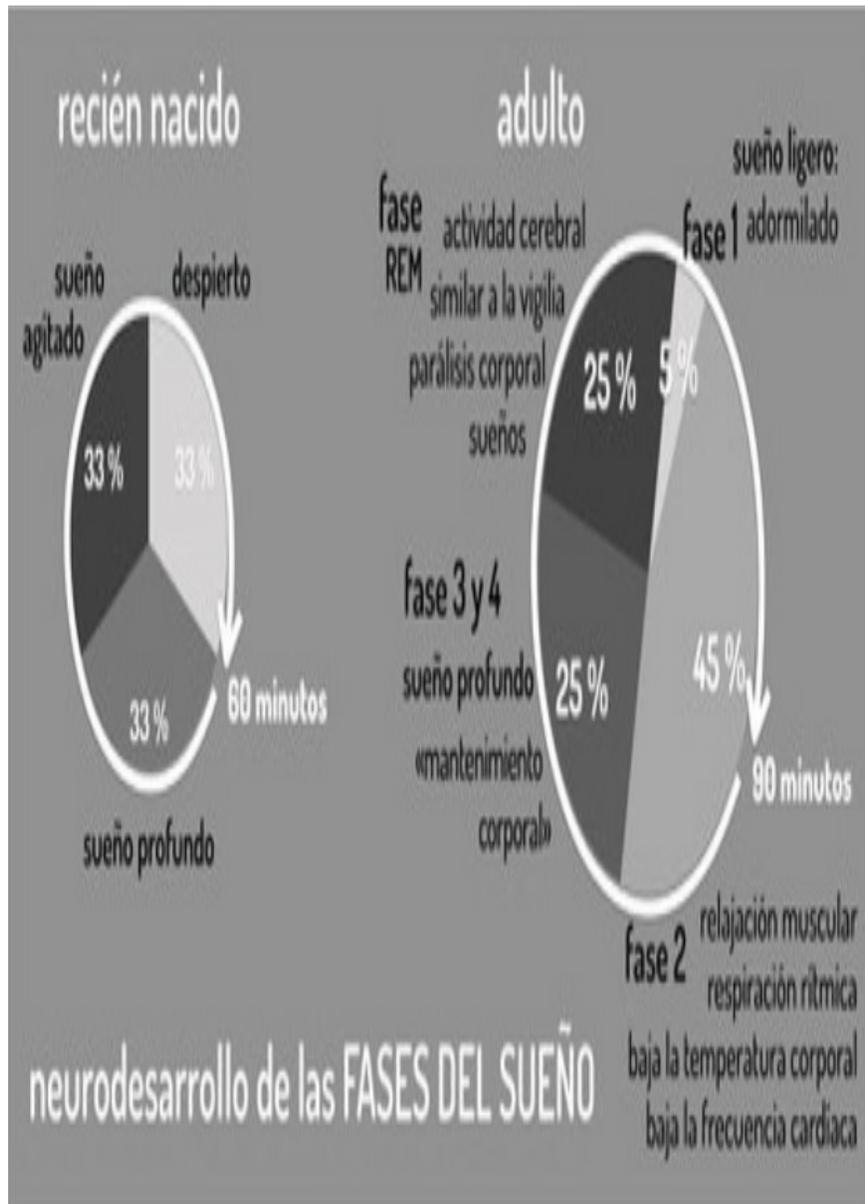


Figura 20.2. Neurodesarrollo de las fases de sueño

Así, a lo largo del primer año, estos cortos ciclos de veinte minutos van prolongándose, de forma que cada vez pasa más tiempo seguido durmiendo. Al principio duerme indistintamente de noche y de día, pero, con la reducción

de las horas de sueño, predominan las nocturnas. En su primer cumpleaños, duerme entre trece y dieciséis horas al día, de las que solo dos o tres son diurnas. Del año de vida a los cinco, sigue disminuyendo el número total de horas de sueño y poco a poco desaparecen las siestas, de modo que el ciclo sueño-vigilia de los cinco años es ya circadiano. A partir de ahora y hasta el inicio de la pubertad, que suponen los años de menor velocidad de crecimiento, las necesidades y horarios de sueño suelen mantenerse estables. Pero, con el despertar hormonal de la adolescencia y los profundos cambios cerebrales que hemos visto se producen en esta etapa, todo vuelve a cambiar. Por un lado, necesita dormir más horas de las que se pensaba hasta ahora, entre nueve y diez de cada veinticuatro. Por otro, cambia el patrón y el horario del ciclo sueño-vigilia, de manera que a la mayoría de adolescentes les entra sueño mucho después de la medianoche y dormirían hasta bien entrado el mediodía.

Resulta innegable la importancia del sueño para el buen funcionamiento corporal y del sistema nervioso. Aunque sigamos sin comprender muy bien por qué debemos dormir, sí conocemos las consecuencias de dormir poco y mal de forma continuada. El *insomnio*, es decir, la falta de sueño por la dificultad para conciliarlo o mantenerse dormido, causa alteraciones graves en el sistema inmune y el endocrino, favorece la obesidad y los problemas cardíacos, y retrasa el crecimiento. Además, se resiente la actividad muscular, con la consiguiente aparición de dolores, y disminuye la destreza para las tareas de precisión y la capacidad de reaccionar. En el cerebro en desarrollo, la fatiga que causa el insomnio dificulta el aprendizaje, trastorna el ánimo y la conducta, y aumenta el riesgo de sufrir accidentes. La formación de nuevas sinapsis y el remodelado de las que ya tenemos suceden sobre todo durante el neurodesarrollo, pero continúan después toda la vida. Un cambio de trabajo o de vivienda, una nueva relación sentimental, aprender a conducir... Cualquier nueva circunstancia necesita que para adaptarnos a ella reajustemos lo que ya habíamos aprendido, por lo que las nuevas experiencias cambian la estructura de nuestro cerebro. Y es durante el sueño cuando esas nuevas destrezas, esas nuevas sinapsis, se consolidan. Pero, para que sea efectivo, la duración y el horario deben ser adecuados y permitir que se alcance la fase REM. Aunque aún nos queda mucho por averiguar sobre el sueño, parece bastante claro que es durante la fase REM cuando se afianzan los nuevos saberes. Y, salvo en el sueño del recién nacido, la mayoría de los ciclos REM se producen en la

segunda mitad de la noche. Durante las tres o cuatro primeras horas de sueño, apenas alcanzamos la fase REM, y después apenas salimos de ella. Así que para que el sueño sea lo bastante reparador y efectivo en su función de consolidar lo aprendido, debemos procurarnos las horas de sueño REM adecuadas a nuestra edad.

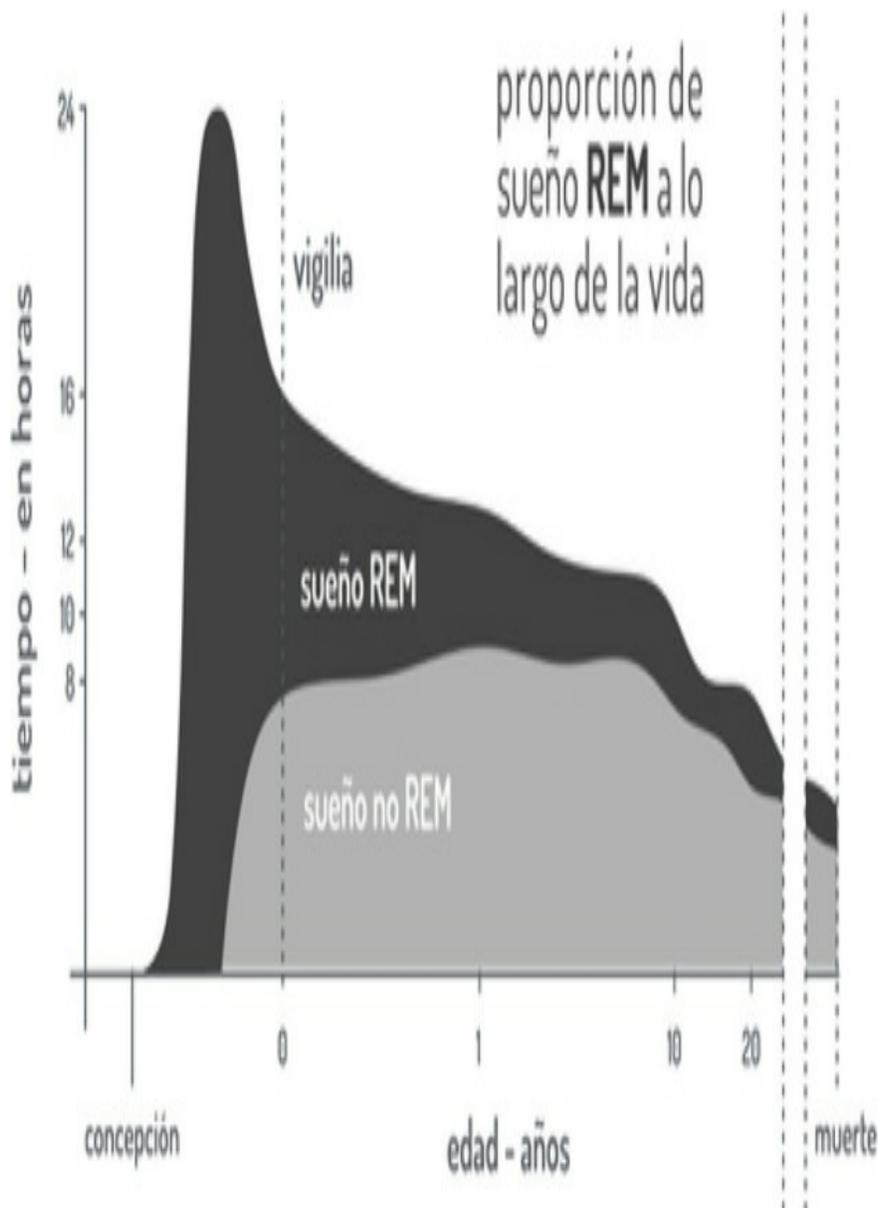


Figura 20.3. Horas de sueño REM y no REM

El sueño y la nutrición humana, en particular los infantiles, son temas muy intrincados que sobrepasan el objetivo de este breve texto. Creo que lo

expuesto es aclaratorio y suficiente en relación al neurodesarrollo. Si el lector desea profundizar, lo invito a que consulte textos especializados en el tema.

Para simplificar con fines prácticos, podemos concluir afirmando que en las etapas del neurodesarrollo motor y de la identidad, cuando el crecimiento corporal y los cambios cerebrales son más rápidos, los requerimientos alimenticios y de sueño aumentan. Por lo tanto, es necesario ser conscientes de ello para no interferir en el neurodesarrollo normal imponiendo hábitos contrarios a las necesidades biológicas de bebés y adolescentes.

Fin de viaje

Tras veinte años de neurodesarrollo, el proceso de maduración puede darse por concluido. El niño se ha hecho adulto y, si todo ha ido bien, habrá alcanzado su máximo potencial a través de la continua interacción entre su talento natural y sus experiencias. Porque, como se ha explicado, el cerebro de un niño no es el de un adulto en miniatura, sino que crece y evoluciona sometido a las infinitas modificaciones que le proporcionan los continuos estímulos que recibe del contexto en el que se desenvuelve.

Sí, la herencia genética es la que determina las aptitudes de un individuo, pero es la experiencia la que las habilita. En otras palabras, sin genética no hay nada, pero sin estímulos no hay construcción cerebral posible. Y durante la infancia y la adolescencia son muchos los factores biológicos y ambientales que pueden afectar de forma positiva o negativa a la trayectoria del neurodesarrollo, de tal punto que algunos incluso marcarán el curso de toda la vida. Todas estas circunstancias, complicadas en sí mismas, interaccionan además entre sí y se modifican unas a otras. Las relaciones entre estas variables son confusas y, además, el peso de cada una de ellas cambia con el tiempo y según el momento del neurodesarrollo, con lo que se complica su estudio hasta niveles abrumadores que sobrepasan la neurociencia. Por eso el estudio del neurodesarrollo debe apoyarse en múltiples disciplinas, para ofrecer mejores respuestas a la comprensión de la evolución humana.

No todas las infancias son igual de afortunadas. A falta de conceptos más detallados y de evidencias más sólidas, procuremos a cada niño aquello que sí sabemos que facilita el buen desarrollo de sus talentos. Un ambiente estable

donde la rutina permita que las novedades se incorporen de forma ordenada a los aprendizajes, donde se mantenga el equilibrio entre el ineludible caos del mundo y el tedioso letargo de lo predecible. Para que esto suceda, el niño precisa que sus adultos se encarguen de organizar sus necesidades, su tiempo y sus espacios, estableciendo así relaciones de seguridad y confianza que los convierten en sus referentes. Además requiere continuas oportunidades de juego, sobre todo con otros niños, quienes le aportan, y a su vez reciben, el bullicio imprescindible para desarrollar su espontaneidad, sus habilidades sociales y sus respuestas ante lo inesperado. Si la enfermedad u otras circunstancias interfieren en el neurodesarrollo, deberá buscarse ayuda profesional para recibir la orientación que facilite el desarrollo de su máximo potencial.

Como el cerebro nunca deja de evolucionar, las nuevas experiencias y saberes continuarán modificando también sus conexiones, aun en la edad adulta, hasta el final. Aconsejo seguir buscando referentes y no dejar escapar las oportunidades de juego, para así conseguir una mejor adaptación a nuestras circunstancias y un mejor conocimiento de nosotros mismos, sin olvidarnos de modificar nuestro hábitat con nuestras propias ideas.

Con esta reflexión concluimos la lectura, que espero hayas encontrado provechosa. Por mi parte, me conformaría con haber transformado, aunque solo sea un poco, los circuitos de tu cerebro.

Epílogo

Es un gran acierto por parte de la autora haber escrito un libro sobre el cerebro en desarrollo. Como profesional de la neurología infantil, me complace que por fin exista un libro así. Por lo tanto, mis primeras palabras son de agradecimiento a la doctora Mas, por la dedicación y el esfuerzo necesarios para narrar algo tan difícil de un modo tan sencillo e interesante.

El estudio del sistema nervioso de los niños y jóvenes, así como de su enfermedad y su desarrollo en condiciones normales, ha sido muy infravalorado con respecto al estudio de la neurología de los adultos y ancianos. Durante mucho tiempo, la investigación y los recursos destinados al cerebro han estado centrados en enfermedades muy alejadas del ámbito pediátrico, como las demencias y otras patologías similares. En cambio, el interés por el cerebro del niño es relativamente nuevo. Y sin embargo, todo empieza por el principio, es decir, por el momento en que se es joven, e incluso muy joven.

La neuropediatría como especialidad médica no tiene ni cuarenta años de historia. Durante este tiempo, se ha intentado entender, o mejor dicho, «describir» el barullo y la complejidad de los síntomas. El primer enfoque ha sido «agrupar» autismo, déficit de atención e hiperactividad, «parálisis cerebral», epilepsia... todo ello sin conocer demasiado los mecanismos que conducían a estos problemas. En los últimos años, todo ha cambiado, y aún hoy sigue cambiando. La neurociencia está aportando conocimientos a una velocidad remarcable sobre cómo y por qué se producen estos problemas. Se están creando redes de trabajo, e investigadores básicos y médicos empiezan a trabajar como un equipo. Están apareciendo tratamientos de índole muy

diversa, desde terapia génica hasta fármacos personalizados y nuevas tecnologías.

Por otra parte, y ya fuera de la esfera médica, comprender el cerebro del niño y descifrar los códigos que nos permiten aprender, emocionarnos, ser altruistas o colaborar implica que desentrañemos la esencia humana y conduzcamos el conocimiento hacia la construcción de un mundo mejor. En dicho proceso, educar y prevenir son las claves.

Tanto este libro como otras acciones similares, además de ser enormemente necesarios, apuntan a lo que cualquier sociedad moderna, avanzada y sabia debería considerar en primera instancia: destinar recursos a la neuroeducación, la psicología y el estudio de cualquier enfermedad que afecte al cerebro de los más pequeños. Al fin y al cabo, ellos son el futuro.

Ángeles García Cazorla

Bibliografía

Capítulo 1 - El sistema nervioso

1. SNELL, R. S., «Introducción y organización del sistema nervioso», en Richard S. Snell, *Neuroanatomía clínica*, Buenos Aires, Panamericana, 2007, pp. 1-32.
2. MATHÔT, S., GRAINGER, J., STRIJKERS, K., «Pupillary Responses to Words That Convey a Sense of Brightness or Darkness», *Psychological Science*, vol. 28, núm. 8, junio de 2016, pp. 1116–1124.

Capítulo 2 - ¿Somos fruto del azar?

1. ALBERTS, B., *et al.*, «DNA y cromosomas», en ALBERTS, B., JOHNSON, A., LEWIS, J., RAFF, M., ROBERTS, K., WALTER, P., *Biología molecular de la célula*, Barcelona, Omega, 2004, pp. 191-234.
2. ALBERTS, B., *et al.*, «Los hombres utilizamos nuestras propias particularidades», en ALBERTS, B., JOHNSON, A., LEWIS, J., RAFF, M., ROBERTS, K., WALTER, P., *Biología molecular de la célula*, Barcelona, Omega, 2004, pp. 43-45.
3. ALBERTS, B., *et al.*, «Replicación, reparación y recombinación del DNA», en ALBERTS, B., JOHNSON, A., LEWIS, J., RAFF, M., ROBERTS, K., WALTER, P., *Biología molecular de la célula*, Barcelona, Omega, 2004, pp. 235-297.
4. FISCHER, A., *Compendio de embriología humana*, traducción de Emilio Fernández Galiano, Barcelona, Labor, 1935.
3. SKLOOT, R., *La vida inmortal de Henrietta Lacks*, traducción de María Jesús Asensio, Barcelona, Booket, 2012.
4. TJIO, J. H., LEVAN, A., «The Chromosome Number of Man», *Hereditas*, vol. 42, núm. 1-2, mayo de 1956, pp. 1-6.
5. SANTESMANES, M. J., «Joe Hin Tjio: citogenetista ilustre en Zaragoza», A

ciencia cierta, Publicación de la Estación Experimental Aula Dei, CSIC, 2009. *Online*:

http://www.eead.csic.es/EEAD/docs/www/home/history/SantesmasesMJ_

6. SANTESMANES, M. J., «Hacia descendencias saludables: algunos orígenes del diagnóstico prenatal en España», *Asclepio*. vol. 40, núm. 1, enero-junio de 2008, pp. 129-150.
7. GARTLER, S. M., «The Chromosome Number in Humans: a Brief History», *Nature Reviews Genetics*, vol. 7, agosto de 2006, pp. 655-660.

Capítulo 3 - Herencia y ambiente

1. ALBERTS, B., *et al.*, «DNA y cromosomas», en ALBERTS, B., JOHNSON, A., LEWIS, J., RAFF, M., ROBERTS, K., WALTER, P., *Biología molecular de la célula*, Barcelona, Omega, 2004, pp. 191-234.
2. ALBERTS, B., *et al.*, «Cómo leen el genoma las células: del DNA a la proteína», en ALBERTS, B., JOHNSON, A., LEWIS, J., RAFF, M., ROBERTS, K., WALTER, P., *Biología molecular de la célula*, Barcelona, Omega, 2004, pp. 299-373.
3. WATSON, J. D., CRICK, F. H. C., «Molecular structure of nucleic acids», *Nature*, vol. 171, 25 de abril de 1953, pp. 737-738.
3. MCCLINTOCK, B., «The Significance of Responses of the Genome to Challenge», *Nobel Lecture*, 8 de diciembre de 1983, en http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1983/mcclintocklecture.html
4. MCKIE, R., HARRIS, P., «Disgrace: How a giant of science was brought low», en *The Guardian*, 21 de octubre de 2007. <https://www.theguardian.com/uk/2007/oct/21/race.research>
5. Página web que recoge toda la obra escrita de Sir Francis Galton F.R.S.: <http://galton.org/main.html>
6. POLDERMAN, T. J. C., BENYAMIN, B., DE LEEUW, C. A., SULLIVAN, P. F., VAN BOCHOVEN, A., VISSCHER, P. M., POSTHUMA, D., «Meta-analysis of the heritability of human traits based on fifty years of twin studies», *Nature Genetics*, vol. 47, núm. 7, 1 de enero de 2015, pp. 702–709.

Capítulo 4 - Características del neurodesarrollo

1. WHITE, J. G., SOUTHGATE, E., THOMSON, J.N., BRENNER, S., «The structure of the nervous system of the nematode *Caenorhabditis elegans*», *Philosophical Transactions of The Royal Society B*, vol. 12, núm. 314, noviembre de 1986, pp. 1-340.
2. SMITH, K., «How to map the circuits that define us», *Nature*, vol. 548, núm. 7666, 9 de agosto de 2017, pp. 150-152.
3. RAMÓN y CAJAL, S., «The structure and connexions of neurons», *Nobel Lecture*, 12 de diciembre de 1906, en https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1906/cajal-lecture.pdf
4. RODRÍGUEZ DE ROMO, A. C., «¿Reticularismo o neuronismo?; diferente percepción de la misma circunstancia», *Archivos de Neurociencias (México)*, vol. 10, núm. 1, 2005, pp. 26-32.
5. ILLINGWORTH, R. S., *Desarrollo del lactante y del niño*, traducción de Teresa Martín y Beatriz Real, Madrid, Alhambra, 1992.
6. TAU, G. Z., PETERSON, B. S., «Normal Development of Brain Circuits», *Neuropsychopharmacology*, vol. 35, núm.1, enero de 2010, pp. 147-168.
7. MOUNT, C. W., MONJE, M., «Wrapped to Adapt: Experience-Dependent Myelination», *Neuron*, vol. 95, núm. 4, 16 de agosto de 2017, pp. 743-756.
8. FORBES, T. A, GALLO, V., «All Wrapped Up: Environmental Effects on Myelination», *Trends in Neurosciences*, vol. 40, núm 9, septiembre de 2017, pp. 572-587.
9. DE FELIPE, J., «Brain plasticity and mental processes: Cajal again», *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 7, núm 10, 1 de octubre de 2006, pp. 811-817.
10. ISMAIL, F. Y., FATEMI, A., JOHNSTON, M. V., «Cerebral plasticity: Windows of opportunity in the developing brain», *European Journal of Paediatric Neurology*, vol. 21, núm. 1, enero de 2017, pp. 23-48.

Capítulo 5 - Maternidad y paternidad

1. «Trends in Maternal Mortality: 1990 to 2015». Estimates by WHO, UNICEF, UNFPA, World Bank Group and the United Nations Population Division - http://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/Trends_in_Maternal_Mortality_1990-2015_eng.pdf

2. SUELVES, J. M., «Lesiones no intencionadas en la infancia y la adolescencia: rompiendo el tópico de la mala suerte», *FAROS Observatorio de Salud de la Infancia y la Adolescencia*, Informe núm. 2, 2009. http://faros.hsjdbcn.org/sites/default/files/2n_informe_faros_-_castella.pdf
3. VEYNE, P., «Del Imperio romano al año mil», en Philippe Ariès y Georges Duby (directores), *Historia de la vida privada*, Madrid, Taurus, 2001, Volumen 1.
4. JUSTEL VICENTE, D. (coord.), *Niños en la Antigüedad. Estudios sobre la infancia en el Mediterráneo antiguo*, Zaragoza, Prensas de la Universidad de Zaragoza, 2012.
5. BLAFFER HRDY, S., *Mother Nature: A History of Mothers, Infants and Natural Selection*, New York, Pantheon Books, 1999.
6. MOLINA, M. E., «Transformaciones histórico culturales del concepto de maternidad y sus repercusiones en la identidad de la mujer», *Psyche*, vol. 15, núm. 2, noviembre 2006, pp. 93-103.

Capítulo 6 - El cerebro parental

1. HOEKZEMA, E., BARBA-MÜLLER, E., POZZOBON, C., PICADO, M., LUCCO, F., GARCÍA-GARCÍA, D., SOLIVA, J. C., TOBEÑA, A., DESCO, M., CRONE, E. A., BALLESTEROS, A., CARMONA, S., VILARROYA, O., «Pregnancy leads to long-lasting changes in human brain structure». *Nature Neuroscience*, vol. 20, núm. 2, febrero de 2017, pp. 287-296.
2. ABRAHAM, E., HENDLERB, T., SHAPIRA-LICHTERB, I., KANAT-MAYMONE, Y., ZAGOORY-SHARONA, O., FELDMAN, R., «Father's brain is sensitive to childcare experiences», *PNAS*, vol. 111, núm. 27, 8 de julio de 2014, pp. 9792-9799.
3. KIM, P., RIGO, P., MAYES, L. C., FELDMAN, R., LECKMAN, J. F., SWAIN, J. E., «Neural plasticity in fathers of human infants», *Social Neuroscience*, vol. 9, núm. 5, octubre de 2014, pp. 522-535.

Capítulo 7 - Lo que hay antes del cerebro

1. GEORGADAKI, K., KHOURY, N., SPANDIDOS, D. A., ZOUMPOURLIS, V., «The molecular basis of fertilization (Review)», *International Journal of*

- Molecular Medicine*, vol. 38, núm. 4, octubre de 2016, pp. 979-986.
2. SCHOENWOLF, G., BLEYL, S., BRAUER, P., FRANCIS-WEST, P., *Larsen's Human Embryology*, 5.^a edición, Nueva York, Edimburgo, Churchill Livingstone, 2014.

Capítulo 8 - Creando estructuras

1. SCHOENWOLF, G., BLEYL, S., BRAUER, P., FRANCIS-WEST, P., «Development of the Central Nervous System», en *Larsen's Human Embryology*, Nueva York, Edimburgo, Churchill Livingstone, 2014, pp. 197-231.
2. TAU, G. Z., PETERSON, B. S., «Normal Development of Brain Circuits», *Neuropsychopharmacology*, vol. 35, núm.1, enero de 2010, pp. 147-168.
3. JIANG, X., NARDELLI, J., «Cellular and molecular introduction to brain development», *Neurobiology of disease*, vol. 92 (Pt A), agosto de 2016, pp. 3-17.
4. STILES, J., JERNIGAN, T. L., «The Basics of Brain Development», *Neuropsychology Review*, vol. 20, núm. 4, diciembre de 2010, pp. 327-348.
5. KAPELLOU, O., COUNSELL, S. J., KENNEA, N., DYET, L., SAEED, N., STARK, J., MAALOUF, E., DUGGAN, P., AJAYI-OBEM, M., HAJNAL, J., ALLSOP, J. M., BOARDMAN, J., RUTHERFORD, M. A., COWAN, F., EDWARDS, A. D., «Abnormal Cortical Development After Premature Birth Shown by Altered Allometric Scaling of Brain Growth», *PLoS Medicine*, vol. 3, núm. 8, agosto de 2006, pp. 1382-1390.
6. SRINIVASAN, L., ALJABAR, P., COUNSELL, S. J., DURIGHEL, G., HAJNAL, J. V., RUTHERFORD, M. A., EDWARDS, A. D., «Development of cortical microstructure in the preterm human brain», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 110, núm. 23, 4 de junio de 2014, pp. 9541-6.
7. DI RENZO, G. C., CONRY, J. A., BLAKE, J., DEFRANCESCO, M. S., DENICOLA, N., et al. , «International Federation of Gynecology and Obstetrics opinion on reproductive health impacts of exposure to toxic environmental chemicals», *International Journal of Gynecology & Obstetrics*, vol. 131, núm. 3, diciembre 2015, pp. 219-225.
8. ABRAHAM, M., ALRAMADHAN, S., INIGUEZ, C., DUIJTS, L., JADDOE, V. W. V., DEN DEKKER, H. T., et al., «A systematic review of maternal smoking

- during pregnancy and fetal measurements with meta-analysis», *PLoS ONE*, vol. 12, núm. 2, 23 de febrero de 2017, pp. 1-13.
9. RUISCH, I. H., DIETRICH, A., GLENNON, J. C., BUITELAAR, J. K., HOEKSTRA, P. J., «Maternal substance use during pregnancy and offspring conduct problems: A meta-analysis», *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, vol. 84, 2018, pp. 325-336.
 10. ELGER, C. E., «Epilepsy in 2015: Classic antiepileptic drugs under fire, and new options emerge» *Nature Reviews Neurology*, vol. 12, núm. 2, febrero de 2016, pp. 72-74.

Capítulo 9 - La llegada al mundo

1. SHI, F., YAP, P. T., WU, G., JIA, H., GILMORE, J. H., LIN, W., *et al.*, «Infant Brain Atlases from Neonates to 1- and 2-Year-Olds», *PLoS ONE*, vol. 6, núm. 4, 14 de abril de 2011, pp. 1-11. e18746.
2. GOLLE, J., LISIBACH, S., MAST, F. W., LOBMAIER, J. S., «Sweet Puppies and Cute Babies: Perceptual Adaptation to Babyfacedness Transfers across Species», *PLoS ONE*, vol. 8, núm. 3, 13 de marzo de 2013, pp. 1-5, e58248.

Capítulo 10 - Hacia el primer paso

1. FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, E., PÓO ARGÜELLES, P., «Desarrollo psicomotor», coordinadores Natalio Fejerman y Emilio Fernández Álvarez, *Neurología pediátrica*, Buenos Aires, Médica Panamericana, 2007.
2. MACIAS MERLO, M. L., «Desarrollo motor y aprendizaje del movimiento. Conceptos contemporáneos», coordinadores Lourdes Macias Merlo y Joaquín Fagoaga Mata, *Fisioterapia en Pediatría*, Aravaca (Madrid), McGraw-Hill/Interamericana, 2002.
3. PONSOT, G., SACCO, S., MANCINI, J., «Développement psychomoteur de l'enfant», coordinadores Brigitte Chabrol, Josette Mancini, Olivier Dulac, Gérard Ponsot, Michael Arthuis, *Neurologie pédiatrique*, París, Flammarion, 2010, pp. 41-47.
4. DAVIS, S. L., FORSSBERG, H., LENNERSTRAND, G., YGGE, J., «Motor systems», coordinadores Peter D. Gluckman, Michael A. Heymann, *Pediatrics and Perinatology: The Scientific Basis*, Londres, Arnold,

1996, 403-412.

5. TRACER, D. P., «Infant carrying and prewalking locomotor development: proximate and evolutionary perspectives», *American Journal of Physical Anthropology*, S48, 2009, p. 257.
6. BRIL, B., SABATIER, C., «The Cultural Context of Motor Development: Postural Manipulations in the Daily Life of Bambara Babies (Mali)», *International Journal of Behavioral Development*, vol. 9, núm. 4, 1 de diciembre de 1986, pp. 439-453.
7. POLLITT, E., «Estabilidad y variabilidad en la adquisición de seis hitos motores durante la infancia temprana», *Revista de Psicología*, vol. 30, núm. 2, octubre de 2012, pp. 407-429.
8. WERNER, E. E., «Infants around the world: Cross-cultural studies of psychomotor development from birth to two years», *Journal of Cross-Cultural Psychology*, vol. 3, núm. 2, junio de 1972, pp. 111-134.
9. FERNÁNDEZ-ÁLVAREZ, E., «El desarrollo psicomotor de 1.702 niños de 0 a 24 meses de edad. [Tesis doctoral]», Universidad de Barcelona, 1988, Estudio Haizea Llevant. Servicio central de publicaciones. Gobierno Vasco eds. Vitoria, 1991.

Capítulo 11 - Construir la mente a través de los sentidos

1. GOODWIN, A. W., REES, S., FITZGERALD, M., THORNE, P. R., PETTIGREW, A., HENDERSON-SMART, D., DAVIS, S. L., LENNERSTRAND, G., ATKINSON, J., PORTER, R. H., WINBERG, J., «Sensory systems» coordinadores Peter D. Gluckman, Michael A. Heymann. *Pediatrics and Perinatology: The Scientific Basis*, Londres, Arnold, 1996, pp. 375-402.
2. MUNAR, E., ROSSELLÓ, J., MAS, C., MORENTE, P., QUETGLES, M., «El desarrollo de la audición humana», *Psicothema*, vol. 14, núm. 2, 2002, pp. 247-254.

Capítulo 12 - La hacedora de ideas

1. CORIAT, L., *Maduración psicomotriz en el primer año del niño*, Buenos Aires, Hemisur, 1974.
2. FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, E., PÓO ARGÜELLES, P., «Desarrollo psicomotor», coordinadores Natalio Fejerman y Emilio Fernández Álvarez, *Neurología*

- pediátrica*, Buenos Aires, Médica Panamericana, 2007.
3. PONSOT, G., SACCO, S., MANCINI, J., «Développement psychomoteur de l'enfant», coordinadores Brigitte Chabrol, Josette Mancini, Olivier Dulac, Gérard Ponsot, Michael Arthuis, *Neurologie pédiatrique*, París, Flammarion, 2010, pp. 41-47.
 4. DAVIS, S. L., FORSSBERG, H., LENNERSTRAND, G., YGGE, J., «Motor systems», coordinadores Peter D. Gluckman, Michael A. Heymann, *Pediatrics and Perinatology: The Scientific Basis*, Londres, Arnold, 1996, pp. 403-412.

Capítulo 13 - De la percepción a la palabra

1. KUKUSHKIN, N. V., CAREW, T. J., «Memory Takes Time», *Neuron*, vol. 95, núm. 2, julio de 2017, pp. 259-279.
2. BARRENA, S., NUBIOLA, J., «Charles Sanders Peirce», en Francisco Fernández Labastida y Juan Andrés Mercado (editores), *Philosophica: Enciclopedia filosófica on line*, URL: <http://www.philosophica.info/archivo/2007/voces/peirce/Peirce.html>.
3. «Ferdinand de Saussure», en *Wikipédia*, recuperado el 17 de noviembre de 2017. https://fr.wikipedia.org/wiki/Ferdinand_de_Saussure.
4. Eco, U., *Signo*, traducción de Francisco Serra Cantarell, Barcelona, Labor, 1976.
5. NARBONA, J., FERNÁNDEZ, S., LE NORMAND, M. T., AGUADO, G., BONNOT, J. F., «Desarrollo normal», coordinadores Juan Narbona y Claude Chevie-Muller, *El lenguaje del niño*, Barcelona, Masson, 1997, pp. 3-68.
6. YULE, G., *El lenguaje*, 2.^a edición, traducción de Nuria Bel Rafecas, Madrid, Akal, 2004.
7. HUTH, A. G., DE HEER, W. A., GRIFFITHS, T. L., THEUNISSEN, F. E., GALLANT, J. L., «Natural speech reveals the semantic maps that tile human cerebral cortex», *Nature*, vol. 532, núm. 7600, abril de 2016, pp.453-458.
8. BORNSTEIN, M. H., PUTNICK, D. L., RIGO, P., ESPOSITO, G., SWAIN, J. E., SUWALSKY, J. T. D., SU, X., DU, X., ZHANG, K., COTE, L. R., DE PISAPIA, N., Venuti, P., «Neurobiology of culturally common maternal responses to infant cry», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 114, núm. 45, 23 de octubre de 2017, pp.

e9465-e9473.

9. LINDOVÁ, J., ŠPINKA, M., NOVÁKOVÁ, L., «Decoding of Baby Calls: Can Adult Humans Identify the Eliciting Situation from Emotional Vocalizations of Preverbal Infants?», *PLoS ONE*, vol. 10, núm 4, 20 de abril de 2015, pp. e124317.
10. MIZUGAKI, S., MAEHARA, Y., OKANOYA, K., MYOWA-YAMAKOSHI, M., «The Power of an Infant's Smile: Maternal Physiological Responses to Infant Emotional Expressions», *PLoS ONE*, vol. 10, núm. 6, 11 de junio de 2015, pp. e0129672.
11. GROS-LOUIS, J., WEST, M. J., GOLDSTEIN, M. H., KING, A. P., «Mothers provide differential feedback to infants' prelinguistic sounds», *International Journal of Behavioral Development*, vol. 30, núm. 6, 1 de noviembre de 2006, pp. 509-516.
12. JAKOBSON, R., «Why 'mama' and 'papa'?», en Roman Jakobson *Selected Writings, Vol. I: Phonological Studies*, La Haya, Mouton, 1962, pp. 538-545.
13. KELLER, H., *The Story of My Life*, New York, Doubleday, Page & Company, 1905.
<http://digital.library.upenn.edu/women/keller/life/life.html>
14. KELLER, H., *The World I live In*, New York, Hodder and Stoughton, 1904. <http://www.gutenberg.org/files/27683/27683-h/27683-h.htm>

Capítulo 14 - El cerebro en sus circunstancias

1. BROOKS-GUNN, J., DUNCAN, G. J., «The Effects of Poverty on Children», *The Future of Children*, vol. 7, núm. 2, verano-otoño de 1997, pp. 55-71.
2. HAIR, N. L., HANSON, J. L., WOLFE, B. L., POLLAK, S. D., «Association of child poverty, brain development, and academic achievement», *JAMA Pediatrics*, vol. 169, núm. 9, septiembre de 2015, pp. 822-829.
3. KATSNELSON, A., «News Feature: The neuroscience of poverty», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 112, núm. 51, 22 de diciembre de 2015, pp. 15530-15532.

Capítulo 15 - Dominar el lenguaje para comprender el entorno

1. FEIGELMAN, S., «The preschool years», en Robert M. Kliegman, Bonita F.

- Stanton, Joseph W. St. Geme III y Nina F. Schor (editores), *Nelson Textbook of Pediatrics*, Philadelphia, Elsevier, 2016, pp. 76-78.
2. DAVIS, S. L., FORSSBERG, H., LENNERSTRAND, G., YGGE, J., «Motor systems» coordinadores Peter D. Gluckman, Michael A. Heymann. *Pediatrics and Perinatology: The Scientific Basis*, Londres, Arnold, 1996, 403-412.
 3. FEIGELMAN, S., «Middle childhood», en Robert M. Kliegman, Bonita F. Stanton, Joseph W. St. Geme III y Nina F. Schor (editores), *Nelson Textbook of Pediatrics*, Philadelphia, Elsevier, 2016, pp. 79-83.

Capítulo 16 - Lenguaje, el transformador del pensamiento

1. LEVINE, R. V., «The Pace of Life in 31 Countries», *Journal of Cross-Cultural Psychology*, vol. 30, núm. 2, marzo de 1999, pp. 178-205.
2. CHEW, S., «“Double binds around my feet”: The enormity of the everyday in women’s writing and writing about women». *Journal of Gender Studies*, vol. 14, núm. 2, 16 de agosto de 2006, pp. 137-146.
3. DEMIR, O. E., LEVINE, S. C., GOLDIN-MEADOW, S., «A tale of two hands: children’s early gesture use in narrative production predicts later narrative structure in speech», *Journal of Child Language*, vol. 42, núm. 3, mayo de 2015, pp. 662-681.
4. MUNARI, B., *Supplemento al dizionario italiano*, 12.^a edición, Mantua, Corraini, 2014.
5. MAYNARD, A. E., GREENFIELD, P. M., CHILDS, C. P., «Culture, History, Biology, and Body: Native and Non-Native Acquisition of Technological Skill», *Ethos*, vol. 27, núm. 3, septiembre de 1999, pp. 379-402.
6. HEPPEL, P. G., SHAHIDULLAH, S., WHITE, R., «Handedness in the human fetus», *Neuropsychologia*, vol. 29, núm. 11, 1991, pp. 1107-11.
7. PARMA, V., BRASSELET, R., ZOIA, S., BULGHERONI, M., CASTIELLO, U., «The origin of human handedness and its role in pre-birth motor control», *Scientific Reports*, vol. 7, núm. 1, 1 de diciembre de 2017, pp. e16804.
8. LLAURENS, V., RAYMOND, M., FAURIE, C., «Why are some people left-handed? An evolutionary perspective», *Philosophical Transactions B*, vol. 364, núm. 1519, 12 de abril de 2009, pp. 881-894.
9. KNECHT, S., DRÄGER, B., DEPPE, M., BOBE, L., LOHMANN, H., FLÖEL, A., RINGELSTEIN, E. B., HENNINGSEN, H., «Handedness and hemispheric

- language dominance in healthy humans», *Brain*, vol. 123, núm. 12, 1 de diciembre de 2000, pp. 2512-2518.
10. BUCKINGHAM, G., CAREY, D. P., «Attentional asymmetries – cause or consequence of human right handedness?», *Frontiers in Psychology*, vol. 5, núm. 1587, 13 de enero de 2015, pp. 1-4.
 11. MARZOLI, D., PRETE, G., TOMMASI, L., «Perceptual asymmetries and handedness: a neglected link?», *Frontiers in Psychology*, vol. 5, núm. 163, 28 de febrero de 2014, pp. 1-9.
 12. YULE, G., *El lenguaje*, 2.^a edición, traducción de Nuria Bel Rafecas, Madrid, Akal, 2004.

Capítulo 17 - El lenguaje de la escuela

1. JEAN, G., *La escritura, memoria de la humanidad*, traducción de Enrique Sánchez Hormigo, Barcelona, Ediciones B, 1998.
2. DEHAENE, S., COHEN, L., MORAIS, J., KOLINSKY, R., «Illiterate to literate: behavioural and cerebral changes induced by reading acquisition», *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 16, 2015, pp.234-244.
3. ROSENBERG-LEE, M., BARTH, M., MENON, V., «What difference does a year of schooling make?: Maturation of brain response and connectivity between 2nd and 3rd grades during arithmetic problem solving», *Neuroimage*, vol. 57, núm. 3, 1 de agosto de 2011, pp. 796-808.
4. AMALRIC, M., DEHAENE, S., «Origins of the brain networks for advanced mathematics in expert mathematicians», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 113, núm. 18, 3 de mayo de 2016, pp. 4909-4917.

Capítulo 18 - La inteligencia

1. NARBONA, J., «Unidad VI: Inteligencia», en el *Curso de postgrado en línea sobre: Neurodesarrollo Infantil-juvenil*, Universidad San Carlos, Guatemala. Año académico 2013-14.

Capítulo 19 - Tuneando la identidad

1. FISHER, D. O., DICKMAN, C. R., JONES, M. E., BLOMBERG, S. P., «Sperm

- competition drives the evolution of suicidal reproduction in mammals», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 110, núm. 44, 29 de octubre de 2013, pp. 17910-17914.
2. KEANE, V. A., GLASCOE, F. P., MARKS, K. P., BAUER, N. S., «Adolescence», en Robert M. Kliegman, Bonita F. Stanton, Joseph W. St. Geme III y Nina F. Schor (editores), *Nelson Textbook of Pediatrics*, Philadelphia, Elsevier, 2016, pp. 84-100.
 3. GIEDD, J. N., CASTELLANOS, F. X., RAJAPAKSE, J. C., KAYSEN, D., VAITUZIS, A. C., VAUSS, Y. C., HAMBURGER, S. D., RAPOPORT, J. L., «Cerebral MRI of human brain development—ages 4–18», *Biological Psychiatry*, vol. 37, núm. 9, 1 de mayo de 1995, p. 657.
 4. LENROOT, R. K., GIEDD, J. N., «Brain development in children and adolescents: Insights from anatomical magnetic resonance imaging», *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, vol. 30, núm. 6, 2006, pp. 718-729.
 5. KONRAD, K., FIRK, C., UHLHAAS, P. J., «Brain Development During Adolescence. Neuroscientific Insights Into This Developmental Period», *Deutsches Ärzteblatt International*, vol. 110, núm. 25, junio de 2013, pp. 425-431.
 6. SELEMON, L. D., «A role for synaptic plasticity in the adolescent development of executive function», *Translational Psychiatry*, vol. 3, núm. 3, marzo de 2013, p. e238.
 7. TAMNES, C. K., HERTING, M. M., GODDINGS, A-L., MEUWESE, R., BLAKEMORE, S-J., DAHL, R. E., GUROGLU, B., RAZNAHAN, A., SOWELL, E. R., CRONE, E., MILLS, K.L., «Development of the Cerebral Cortex across Adolescence: A Multisample Study of Inter-Related Longitudinal Changes in Cortical Volume, Surface Area, and Thickness», *The Journal of Neuroscience*, vol 37, núm. 12, 22 de marzo de 2017, pp. 3402-3412.
 8. ROLLS, E.T., «Limbic systems for emotion and for memory, but no single limbic system», *Cortex*, vol. 62, enero de 2015, pp. 119-157.
 9. GUR, R. R., GUR, R. C., «Sex differences in brain and behavior in adolescence: Findings from the Philadelphia Neurodevelopmental Cohort», *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, vol. 70, noviembre de 2016, pp. 159-170.
 10. SISK, C. L., ZEHR, J. L., «Pubertal hormones organize the adolescent brain and behavior», *Frontiers in Neuroendocrinology*, vol. 26, 2005, pp.

163-74.

11. JOHNSON, S. B., BLUM, R. W., GIEDD, J. N., «Adolescent Maturity and the Brain: The Promise and Pitfalls of Neuroscience Research in Adolescent Health Policy», *Journal of Adolescent Health*, vol. 45, núm. 3, septiembre de 2009, pp. 216-221.
12. VEYNE, P., «Del Imperio romano al año mil», en Philippe Ariès y Georges Duby (directores), *Historia de la vida privada*, Madrid, Taurus, 2001, vol. 1.
13. KREMER, W., «Lo que Europa medieval hizo con sus adolescentes», BBC Mundo, 30 de marzo de 2014.
http://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/03/140327_cultura_europa_me
14. ROYUELA RUIZ, P., RODRÍGUEZ MOLINERO, L., MARUGÁN DE MIGUELSANZ, J. M., CARBAJOSA RODRÍGUEZ, V., «Factores de riesgo de la precocidad sexual en adolescentes», *Revista Pediatría Atención Primaria*, vol. 17, junio de 2015, pp. 127-36.
15. VAN DE BONGARDT, D., REITZ, E., SANDFORT, T., DEKOVIĆ, M., «A Meta-Analysis of the Relations Between Three Types of Peer Norms and Adolescent Sexual Behavior», *Personality and Social Psychology Review*, vol. 19, núm. 3, 12 de septiembre de 2014, pp. 203-234.
16. TEVA, I., BERMUDEZ, M. P., RAMIRO, M. T., RAMIRO-SANCHEZ, T., «Analysis Of Sexual Behavior In Adolescents», *Current HIV Research*, vol. 11, núm. 7, 2013, pp. 512-519.
17. CHACÓN CUBEROS, R., CASTRO SÁNCHEZ, M., CARACUEL CÁLIZ, R., PADIAL RUIZ, R., COLLADO FERNÁNDEZ, D., ZURITA ORTEGA, F., «Perfiles de consumo de alcohol y tabaco en adolescentes andaluces de primer ciclo de educación secundaria», *Health and Addictions*, vol. 16, núm. 2, febrero de 2016, pp. 93-104.
18. KEJSER STARZER, M. S., NORDENTOFT, M., HJORTHØJ, C., «Rates and Predictors of Conversion to Schizophrenia or Bipolar Disorder Following Substance-Induced Psychosis», *American Journal of Psychiatry*, publicado *online*: 28 de noviembre de 2017.

Capítulo 20 - Comer y dormir

1. KUZAWA, C. W., CHUGANI, H. T., GROSSMAN, L. I., LIPOVICH, L., MUZIK, O., HOF, P. R., WILDMAN, D. E., SHERWOOD, C. C., LEONARD, W. R.,

- LANGE, N., «Metabolic costs and evolutionary implications of human brain development». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 111, núm. 36, 25 de agosto de 2014, pp. 13010-13015.
2. RUIZ, E., ÁVILA, J. M., VALERO, T., DEL POZO, S., RODRIGUEZ, P., ARANCETA-BARTRINA, J., GIL, Á., GONZÁLEZ-GROSS, M., ORTEGA, R. M., SERRA-MAJEM, L., VARELA-MOREIRAS, G., «Energy Intake, Profile, and Dietary Sources in the Spanish Population: Findings of the ANIBES Study», *Nutrients*, vol. 7, núm. 6, 12 de junio de 2015, pp. 4739-4762.
 3. MENNELLA, J. A., BOBOWSKI, N. K., «The Sweetness and Bitterness of Childhood: Insights from Basic Research on Taste Preferences», *Physiology & behavior*, vol. 152, 1 de diciembre de 2015, pp. 502-507.
 4. INSTITUTE OF MEDICINE (US) COMMITTEE ON SLEEP MEDICINE AND RESEARCH, *Sleep Disorders and Sleep Deprivation: An Unmet Public Health Problem*, Harvey R. Colten HR y Bruce M. Altevogt (editores), Washington (DC), National Academies Press (US), 2006.



Colección
El Café Cajal

N E X T —
D O O R . . .
P U B L I S H E R S

La aventura de tu cerebro

María José Mas Salguero

Ya conoces el final de esta historia: el final eres tú. Un resultado único e irrepetible entre los millones de variantes posibles, una casualidad extraordinaria. Desde aquella célula inicial formada por los gametos de tus padres, son muchos los acontecimientos biológicos y biográficos que te han convertido en el adulto que eres ahora. Este largo proceso se conoce como «neurodesarrollo», y en este libro se desgranán sus claves.

Dirigido a todos los públicos, se explican los conocimientos actuales de esta ciencia, ilustrados con historias reales que nos permiten entender los procesos por los que pasa el cerebro desde que se forma durante la gestación hasta que adquiere su plena madurez.

Descubriremos cómo crece y se capacita para regular el movimiento corporal, dominar el lenguaje, aprender su entorno, y concretar con su progreso la identidad personal de cada uno de nosotros. Un libro que nos ayuda a conocer mejor el desarrollo del niño, y facilita a los padres, docentes y profesionales de la salud su acompañamiento a través de este maravilloso recorrido que lo convertirá en un adulto independiente.



Las matemáticas vigilan tu salud

Modelos sobre epidemias y vacunas

Clara Grima y Enrique F. Borja
Prólogo de Raquel Sastre



Colección El Café Cajal

NEXT
DOOR...
PUBLISHERS

Las matemáticas vigilan tu salud

Grima, Clara
9788494666995
188 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Las matemáticas son una poderosa herramienta que permite entender cómo se propaga una enfermedad y cómo podemos ponerle freno. Sus modelos, simples y bellos, nos conducen a conclusiones indiscutibles y objetivas acerca del desarrollo de las enfermedades infecciosas y de la importancia de la vacunación. A través de la obra de Enrique F. Borja y Clara Grima, aprenderás de forma amena y cercana el potencial de las matemáticas en el control y prevención de epidemias. Descubrirás que, vigilantes de nuestra salud, pueden salvarnos la vida.

[Cómpralo y empieza a leer](#)

¿Funcionan las vacunas?

Ignacio López-Góñi y Oihana Iturbide
Prólogo de Lucía Galán



Colección El Café Cajal

NEXT-
DOOR...
PUBLISHERS



¿Funcionan las vacunas?

López-Goñi, Ignacio

9788494781001

162 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Se dice que las vacunas salvan cada año millones de vidas humanas. Que han reducido significativamente la incidencia de muchas enfermedades infecciosas logrando que vivamos más y mejor. Y que la salud de otros depende de que tú te vacunes. A partir de la información aportada por Ignacio López-Goñi y Oihana Iturbide, comprenderás qué son las vacunas y por qué sabemos que son seguras. Conocerás sus efectos secundarios así como sus beneficios y descubrirás los argumentos con los que rebatir a sus detractores.

[Cómpralo y empieza a leer](#)

PRÓLOGO DE
JOSÉ MANUEL
SÁNCHEZ RON

2^a
Edición



Las mujeres de la Luna

Daniel Roberto Altschuler
Fernando J. Ballesteros

EL CAFÉ CAJAL

NEXT—
DOOR...
PUBLISHERS

Las mujeres de la Luna

Altschuler, Daniel Roberto

9788494443589

334 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

En la superficie de la Luna contemplamos nuestra historia. Los accidentes selenográficos constituyen un registro intacto de la formación de la zona del Sistema Solar más cercana a la Tierra. Su nomenclatura es el reflejo de los claroscuros de nuestra sociedad. De las 1586 personas honradas con un nombre de cráter, únicamente 28 son mujeres y en su mayoría pertenecen a Europa y EE. UU. Datos que evidencian que quienes han contribuido al avance de la ciencia han recibido un reconocimiento muy desigual. A través de las páginas de este libro, los astrónomos y divulgadores científicos Daniel Roberto Altschuler y Fernando J. Ballesteros nos invitan a reflexionar sobre este hecho y, por encima de todo, nos brindan la oportunidad de conocer mejor la vida de estas 28 mujeres. "Las mujeres de la Luna nos cuentan historias de amor, dolor y valor, de triunfos insólitos alcanzados por la perseverancia, y de tragedias inducidas por las circunstancias. Nos dan la oportunidad de contar historias olvidadas". [Contenido accesible para invidentes.]

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Colectión
Vidas Interrogantes

RAÚL GAY
Retrón
Querer es poder
(a veces)

PRÓLOGO
Iñaki Gabilondo

ENTREVISTA
Dr. Lluís Montoliu

NEXT
DOOR...
PUBLISHERS

Retrón

Gay Navarro, Raúl

9788494666919

352 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Retrón no es un libro sobre discapacidad al uso. No es un catálogo de lamentaciones. No es un relato de superación. No es un manual de autoayuda. Es una mirada honesta a la discapacidad desde dentro. En estas páginas hay sangre. En estas páginas hay humor. En estas páginas hay sexo. En estas páginas no hay tabúes. ¿Te atreves?

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Cómo cambiar el mundo antes de los 30

Sergio Parra
Prólogo de José Luis Crespo



Colección El Café Cajal

NEXT-
DOOR...
PUBLISHERS



Cómo cambiar el mundo antes de los 30

Parra, Sergio
9788494781025
256 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Antes de que el sol haya dado treinta vueltas alrededor de la Tierra a partir del momento en que naces, hay tiempo más que suficiente como para alcanzar la cima, descubrir cómo funciona algo que jamás se había comprendido, concebir un invento que revolucionará la historia para siempre o incluso sentar las bases de cómo será el futuro. La prueba de ello son las vidas que se recogen en este libro. Vidas tan brillantes como supernovas, y en algunos casos igual de efímeras. Para comprender cómo llegaron hasta donde lo hicieron, la aproximación a estas biografías de hombres y mujeres extraordinarios aspira a ser una radiografía de las vicisitudes de sus primeros años de vida más que un listado desapasionado de sus logros profesionales o su legado posterior. De esta manera, a través de un relato cómplice y cercano, no solo contemplaremos el contexto histórico y social en el que se criaron estas mentes privilegiadas, sino las pequeñas anécdotas cotidianas que los hicieron más humanos y menos divinos y que, en suma, probablemente determinaron la idiosincrasia de cada uno de ellos.

[Cómpralo y empieza a leer](#)