



El cerebro en desarrollo

LA PRIMERA INFANCIA EN PERSPECTIVA

Serie editada por Martin Woodhead y John Oates

La Primera Infancia en Perspectiva (Early Childhood in Focus) es una serie de publicaciones editada por el Child and Youth Studies Group (Grupo de Estudios sobre el Niño y el Joven) de The Open University (La Universidad Abierta), del Reino Unido, con el apoyo de la Fundación Bernard van Leer.

La serie presenta reseñas claras y accesibles de las mejores y más recientes investigaciones disponibles, informaciones y análisis de temáticas políticas clave y cuestiones prácticas, abarcando todos los aspectos relacionados con la atención y educación de la primera infancia, y la totalidad del rango de edad, desde la lactancia hasta los primeros años de educación primaria.

La elaboración de cada publicación procede a través de consultas con pioneros, a nivel mundial, en las investigaciones, políticas, campañas de concienciación y derechos del niño. Muchos de tales expertos escriben especialmente para la serie resúmenes de los mensajes clave pertinentes a su ámbito de trabajo y la exactitud de los contenidos es garantizada gracias a la ayuda de asesores académicos independientes, que a su vez son expertos en el campo de la primera infancia.

Los temas tratados en la serie son escogidos de manera tal que reflejen los sectores en que se desarrollan las investigaciones y avanzan los conocimientos, abordando las áreas más significativas de los derechos del niño, y aquéllos en los cuales una comprensión más cabal de las implicaciones derivadas es decisiva para el éxito de los programas ocupados en el diseño de políticas y su aplicación concreta.

Estas publicaciones se proponen ser útiles para los defensores de los derechos de los niños y las familias, para los responsables de la elaboración de políticas a todos los niveles y para toda persona que trabaje por mejorar las condiciones de vida, la calidad de las experiencias y las oportunidades existenciales de los niños pequeños de todo el mundo.

EDITORES DE LA SERIE

Martin Woodhead

John Oates

Child and Youth Studies Group (Grupo de Estudios sobre el Niño y el Joven)

The Open University (La Universidad Abierta)

Milton Keynes, Reino Unido

ASESOR DE LA SERIE

Robert Myers, consultor independiente, México

Para conseguir más copias de ésta y otras publicaciones de la serie La Primera Infancia en Perspectiva, visite el sitio: www.bernardvanleer.org

Otros títulos de la serie:

Relaciones de apego

La primera infancia y la enseñanza primaria

El desarrollo de identidades positivas

Programas eficaces para la primera infancia

Apoyo a los padres

Cultura y aprendizaje

Copyright © 2012 The Open University

Primera edición en 2012 a cargo de La Universidad Abierta

Child and Youth Studies Group

The Open University

Walton Hall, Milton Keynes

MK7 6AA

Reino Unido

con el apoyo de:

Fundación Bernard van Leer

PO Box 82334

2508 EH La Haya

Países Bajos

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de la presente publicación puede ser reproducida, almacenada en sistemas de recuperación de datos, transmitida o utilizada de cualquier otra manera o a través de cualquier medio, electrónico, mecánico, fotocopias, grabaciones o de cualquier otra forma, sin la autorización escrita del editor o una licencia emitida por la Copyright Licensing Agency Ltd. Es posible recibir informaciones sobre tales licencias solicitándolas a la Copyright Licensing Agency Ltd., Saffron House, 6–10 Kirby Street, Londres EC1N 8TS.

En el catálogo de la Biblioteca Británica consta un registro de la presente obra que se aconseja utilizar como referencia bibliográfica.

Diseño de Agnes Borszeki

Edición del texto de Margaret Mellor

Traducción de Claudio Pedro Behn

Impreso y encuadernado en el Reino Unido por Cambrian Printers, Aberystwyth

ISBN 978-1-78007-446-7

El cerebro en desarrollo

Editores

John Oates

Annette Karmiloff-Smith

Mark H. Johnson



LA PRIMERA INFANCIA
EN PERSPECTIVA 7

Los cimientos para la arquitectura del cerebro se fundan muy temprano en la vida, mediante una serie continua de interacciones dinámicas en las cuales las condiciones ambientales y las experiencias personales ejercen una influencia significativa en cómo se habrán de expresar las predisposiciones genéticas. Ya que las experiencias específicas afectan circuitos cerebrales específicos durante etapas específicas del desarrollo – que se suelen definir “períodos sensibles” – es de importancia crucial aprovechar estas oportunidades tempranas del proceso de construcción del desarrollo. Esto significa que la calidad del entorno temprano del niño y la disponibilidad de experiencias apropiadas en los momentos adecuados del desarrollo son esenciales a la hora de determinar la fuerza o la debilidad de la arquitectura del cerebro, lo que a su vez determina en qué medida el niño o la niña será capaz de pensar y controlar sus emociones.

(National Scientific Council on the Developing Child, 2007, pág. 1)

Sin las amenazas de eventuales riesgos biológicos y psicosociales y con un ambiente de cuidado que apoye el desarrollo cognitivo y socio-emocional, los niños experimentan un sano desarrollo cerebral que les permite alcanzar la concretización de sus potencialidades de desarrollo. Sobre esta base sólida construyen trayectorias de desarrollo vital que les consienten aprovechar las oportunidades que les ofrecen la familia, la comunidad y la educación ... Las intervenciones dirigidas a disminuir los riesgos y fomentar el desarrollo infantil temprano dan un rendimiento a lo largo de la vida que contribuye a la realización y sostenibilidad de las mejoras en el desarrollo de la generación siguiente.

(Walker y otros, 2011, pág. 1335)

La ciencia emergente que estudia el desarrollo del cerebro indica que, para desarrollarse adecuadamente, el cerebro de un niño necesita cultivarse mucho antes de los 6 años o los 7 años, cuando comienza la escolarización formal. Es esencial contar con programas de salud prenatal y desarrollo temprano que incluyan la educación y la salud para hacer de este potencial una realidad.

(Banco Mundial, 2011, pág. 4)

EDITORES

John Oates, profesor de rango de psicología del desarrollo, Child and Youth Studies Group, The Open University (Grupo de Estudios sobre el Niño y el Joven, La Universidad Abierta), Reino Unido

Annette Karmiloff-Smith, investigadora profesoral, Developmental Neurocognition Lab, Centre for Brain and Cognitive Development, (Laboratorio de Neurocognición del Desarrollo, Centro para el Desarrollo Cerebral y Cognitivo), Birkbeck, Universidad de Londres, Reino Unido

Mark H. Johnson, director, Centre for Brain and Cognitive Development (Centro para el Desarrollo Cerebral y Cognitivo), Birkbeck, Universidad de Londres, Reino Unido

COLABORADORES

Michelle de Haan, profesora adjunta, Centre for Developmental Cognitive Neuroscience (Centro de Neurociencia Cognitiva Evolutiva), University College London, Reino Unido

Ellie Dommert, profesora de psicología y ciencias relativas al cerebro y la conducta, The Open University, Reino Unido

Teodora Gliga, investigadora, Centre for Brain and Cognitive Development, Birkbeck, Universidad de Londres, Reino Unido

Elizabeth Isaacs, investigadora de rango, Institute of Child Health (Instituto de Salud Infantil), University College London, Reino Unido

Eamon McCrory, profesor de rango, Developmental Risk and Resilience Unit (Unidad sobre Riesgos en el Desarrollo y Resiliencia), University College London, Reino Unido

Charles A. Nelson, catedrático de pediatría, Hospital Pediátrico de Boston/Escuela Médica de Harvard y Centro de Desarrollo Infantil de la Universidad de Harvard, Estados Unidos de América

Gaia Scerif, profesora, Attention, Brain and Cognitive Development Group (Grupo para la Atención y el Desarrollo Cerebral y Cognitivo), Departamento de Psicología Experimental, Universidad de Oxford, Reino Unido

Núria Sebastián-Gallés, directora, Grupo de Investigación SAP, Universitat Pompeu Fabra, Barcelona, España

Joan Stiles, catedrática, Department of Cognitive Science (Departamento de Ciencia Cognitiva), Universidad de California, San Diego, Estados Unidos de América

Faraneh Vargha-Khadem, catedrática de neurociencia cognitiva evolutiva, University College London Institute of Child Health (Instituto de Salud Infantil de la University College London), y Hospital de Niños Great Ormond Street, Reino Unido

ASESORA ACADÉMICA

Sarah-Jayne Blakemore, catedrática de neurociencia cognitiva, Institute of Cognitive Neuroscience (Instituto de Neurociencia Cognitiva), University College London, Reino Unido

Índice

<i>Prefacio</i>	ix
I. El cerebro del niño	1
La estructura del cerebro humano.....	2
Localización de las funciones.....	4
Los pilares del cerebro.....	6
Desarrollo de la corteza cerebral.....	8
Neurotransmisores.....	10
Sistemas y caminos.....	12
Cerebro único, niño único.....	14
Métodos de diagnóstico por imágenes del cerebro.....	16
INTERROGANTES CON INCIDENCIA EN POLÍTICAS.....	18
II. ¿Qué es lo que se desarrolla?	21
Antes de nacer.....	22
Crecimiento neural y poda sináptica.....	24
Mielinización y desarrollo cognitivo.....	26
Períodos sensibles.....	28
Localización y lateralización.....	30
Las redes y los estados de reposo.....	32
El cerebro social.....	34
Objetos de atención.....	36
INTERROGANTES CON INCIDENCIA EN POLÍTICAS.....	38
III. Influencias ambientales	41
Desarrollo del sistema visual.....	42
Adquisición del lenguaje en el niño monolingüe y bilingüe.....	44
La importancia del sueño para el aprendizaje.....	46
La alimentación y la nutrición en el desarrollo cerebral.....	48
Los efectos de privaciones psicosociales tempranas.....	50
Maltrato, genética y desarrollo del cerebro.....	52
INTERROGANTES CON INCIDENCIA EN POLÍTICAS.....	54
<i>Referencias bibliográficas</i>	56
<i>Ilustraciones</i>	60

Prefacio

Cada vez se usa más el lenguaje de la neurociencia para brindar apoyo a las aseveraciones que tienen que ver con muchos aspectos de la vida humana. Una reciente serie de estudios (Weisberg y otros, 2008) descubrió que las explicaciones del comportamiento humano que comprendían palabras neurocientíficas poco relevantes, como “circuitos del lóbulo frontal del cerebro”, eran consideradas por los poco expertos como significativamente más creíbles que las explicaciones que no incluían el uso de esos vocablos adicionales. Esto debería llamar nuestra atención sobre el hecho de que conviene “echar un vistazo detrás los títulos” de la prensa divulgativa sobre los datos de la neurociencia en vez de aceptar al pie de la letra los argumentos que se basan en “los últimos hallazgos de los científicos especializados en el cerebro” para justificar sus afirmaciones.

Los efectos de las experiencias tempranas en el desarrollo de los niños han sido uno de los objetos preferidos de los informes sobre los “descubrimientos más recientes”. Hay buenos alegatos científicos a favor de muchas de las observaciones ofrecidas; los científicos de todo el mundo han utilizado las nuevas herramientas y métodos de la neurociencia evolutiva con vistosos resultados, y existen importantes hallazgos que se han repetido sistemáticamente y sin duda tienen gran relevancia para las políticas que influyen directamente en la vida de los niños. Sin embargo, también implica un riesgo esta tendencia a dar informes sobre las investigaciones: el de sobrevalorar lo que se sabe y las implicaciones que esto tiene para las decisiones que se deben tomar. El presente volumen de la serie *La Infancia en Perspectiva* se propone exponer un cuadro general de los campos más significativos para la investigación, comenzando (en la primera sección) con una explicación esencial pero suficiente sobre el cerebro y su funcionamiento para que las investigaciones puedan ser comprendidas por personas que cuentan con conocimientos escasos o nulos en este sector.

La segunda sección ofrece un panorama de los procesos evolutivos involucrados en el crecimiento y la maduración del cerebro del niño, en constante interacción con el ambiente, desde su concepción hasta la edad adulta. Porque, en efecto, el desarrollo del cerebro continúa todo a lo largo de la vida, a medida que la experiencia va acumulando recuerdos y aprendizajes, modelando así las estructuras y funciones del cerebro. Sin embargo, los 9 meses previos al nacimiento y los primeros años de la vida del niño comprenden períodos especialmente importantes y decisivos, ya que el crecimiento y desarrollo de la arquitectura y los procesos del cerebro son incomparablemente mayores en esta etapa respecto a los momentos sucesivos.

Ya se sabe lo suficiente para poder declarar con certeza que para que los niños alcancen la plena realización de sus potencialidades es esencial el apoyo que se brinda al sano desarrollo de su cerebro, y ya no es posible ignorar los poderosos efectos de los entornos iniciales, tanto desde el punto de vista físico como social. La tercera sección de este volumen se concentra en tales influencias.

Es importante reconocer que las investigaciones sobre el desarrollo del cerebro de los niños son todavía un terreno de estudio que se encuentra en una fase temprana, con muchas preguntas que aún esperan una respuesta. Por lo tanto, para quienes están interesados en hacer uso de los conocimientos adquiridos en este ámbito como razón de ser para las intervenciones y la ayuda que se otorgan a los niños y sus familias, sería arrebatado aceptar sin cuestionamientos las rotundas aseveraciones relacionadas con los componentes esenciales y absolutamente específicos de un sano desarrollo del cerebro, sobre todo cuando se intenta justificar enfoques particulares relacionados con el cuidado infantil y la educación.

Esperamos que este volumen pueda contribuir a una mejor comprensión y a una evaluación crítica de los últimos informes a propósito de los nuevos descubrimientos que provienen del sector en constante expansión y cada vez más importante de la neurociencia evolutiva.

John Oates, Annette Karmiloff-Smith, Mark H. Johnson, Editores

I.

El cerebro del niño



A medida que el cerebro del niño se desarrolla, las diferentes partes se van especializando gradualmente cada vez más, según van evolucionando los circuitos neurales específicos para las distintas funciones.

Aunque las funciones en cierta medida se localizan, el cerebro es un órgano complejo en el cual muchas secciones trabajan al unísono.

El desarrollo temprano del cerebro depende de que uno tenga las experiencias adecuadas; el cerebro joven es una parte muy reactiva y "plástica" del cuerpo, con un elevado número de neuronas y conexiones entre ellas.

Los caminos entre las varias partes del cerebro se van estableciendo siguiendo las conexiones más activas, formando sistemas que sirven de apoyo a las diferentes funciones sensoriales, cognitivas, emocionales y conductuales.

El carácter único de cada niño es resultado de las complejas acciones entre los genes que controlan el crecimiento del cerebro y las experiencias formativas provenientes del entorno del niño, que tienen que ver tanto con la sensibilidad como con la resiliencia.

La estructura del cerebro humano

Aunque se han identificado numerosas áreas diferentes del cerebro, ninguna de ellas actúa jamás independientemente de las demás

El cerebro de un adulto pesa como término medio alrededor de 1,4 kg, es decir aproximadamente el 2-5% del peso corporal total. En el momento de nacer, el cerebro ya está altamente desarrollado, y tiene alrededor de un cuarto del peso que alcanzará en la edad adulta, a pesar de que el peso corporal total sea aproximadamente un décimo del peso normal de un adulto.

Cuando nace un niño, su cerebro ya contiene los 100 billones de células cerebrales especializadas, las "neuronas" o "materia gris", que componen el cerebro adulto. Las mayores concentraciones de ellas se encuentran en el cerebelo y la "corteza", que forma las capas superficiales del cerebro. Lo principal de la organización del cerebro ya está en marcha, con las respectivas subdivisiones funcionales en romboencéfalo (cerebro posterior), mesencéfalo (cerebro medio) y prosencéfalo (cerebro anterior), reconocibles inclusive a partir de los 40 días de embarazo.

Si bien todas las partes del cerebro humano son importantes, los hemisferios cerebrales del prosencéfalo son el rasgo más llamativo, con los profundos pliegues (crestas y valles) de la corteza. Cada hemisferio comprende cuatro lóbulos (frontal, parietal, occipital y temporal), con distintas funciones cada uno. Dentro de cada lóbulo, además, existen varias otras subregiones que poseen funciones específicas.

De los cuatro lóbulos, los frontales son los más grandes. Las áreas del lóbulo frontal están asociadas con toda una serie de procesos que van desde el control motor hasta "funciones ejecutivas" tan complicadas como la planificación y la toma de decisiones. En la parte posterior del lóbulo parietal se sitúan el procesamiento de las informaciones táctiles y la creación de representaciones corporales en el espacio tridimensional que nos rodea.

El lóbulo occipital sirve para procesar las informaciones visuales e incluye áreas específicamente vinculadas al procesamiento de atributos tales como el color y el movimiento. Por último, el lóbulo temporal contiene las áreas que son responsables del procesamiento de las informaciones auditivas y sociales, y en este lóbulo también se hallan estructuras subcorticales importantes para el aprendizaje y la memoria (el hipocampo), como asimismo para las emociones (la amígdala).

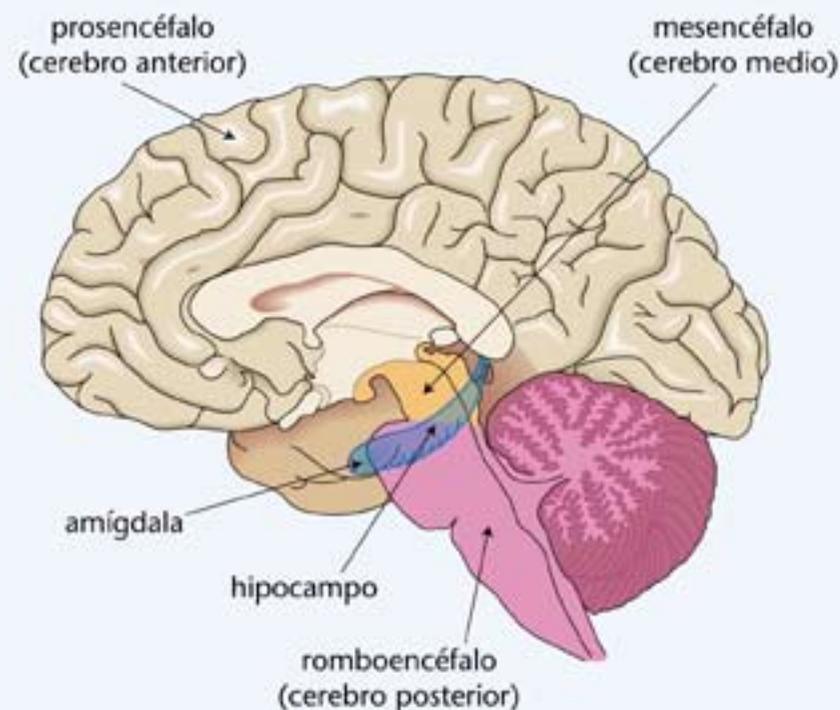
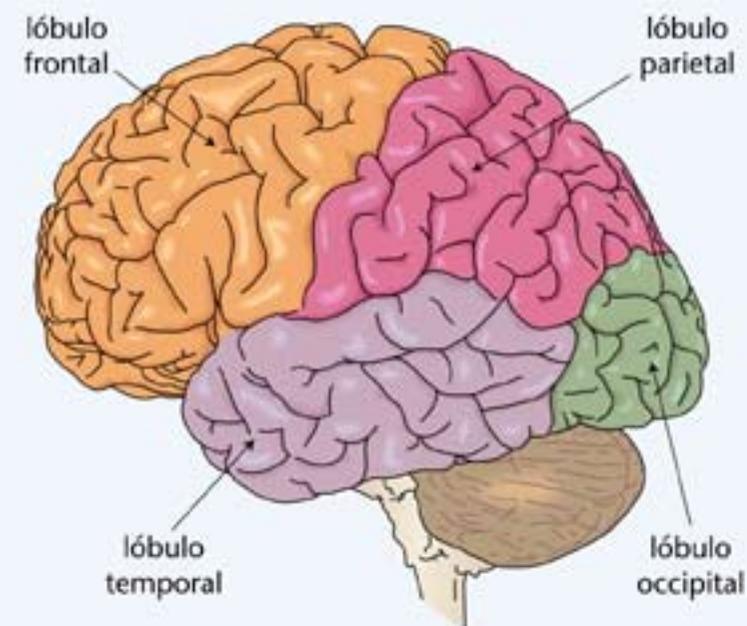
El prosencéfalo es el portal de entrada de todas las informaciones sensoriales y regula los procesos sensoriales y motores que son esenciales para la planificación y el control del comportamiento.

El mesencéfalo proporciona el procesamiento de percepciones y reacciones sensoriales de bajo nivel y desempeña un papel relevante en la motivación, mientras que el romboencéfalo ejerce el control de funciones básicas como la respiración y el batido del corazón, además de tener un rol destacado en cuanto se refiere al equilibrio y el aprendizaje motor.

Aunque existen áreas específicas responsables de funciones particulares, ningún sector del cerebro funciona jamás independientemente de los demás; cada función específica concierne toda una cantidad de "regiones" que colaboran como partes de una red neuronal dedicada a dicha función.

Ellie Dommett, Ciencias relativas al cerebro y la conducta, La Universidad Abierta, Reino Unido

- *En el momento de nacer, ya están establecidas las estructuras físicas esenciales del cerebro del niño.*
- *Las diferentes partes del cerebro colaboran, formando redes, para brindar apoyo a las funciones específicas.*



Localización de las funciones

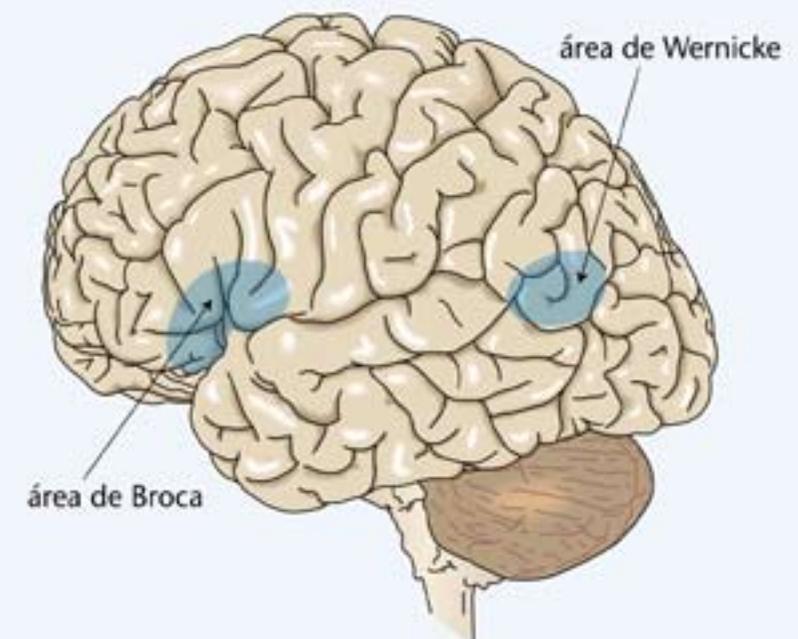
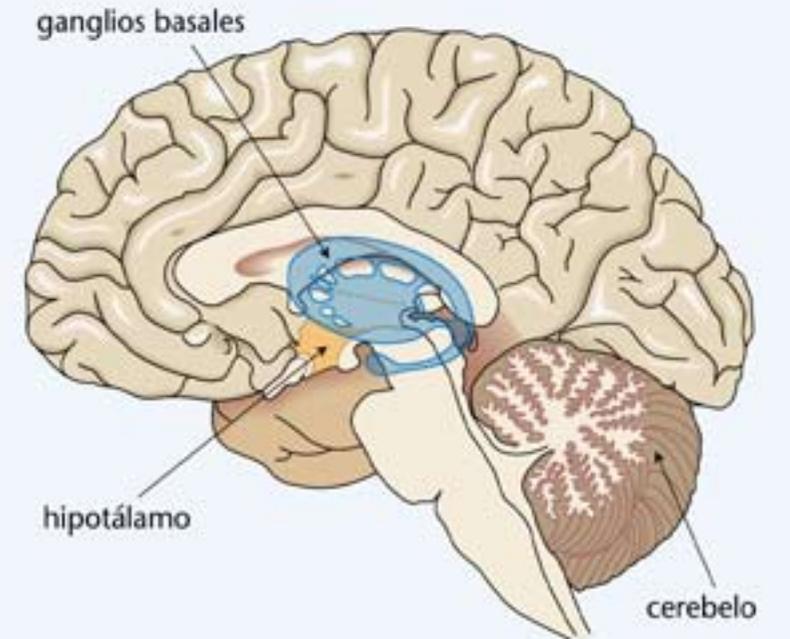
Aunque Las diferentes partes del cerebro se especializan durante el desarrollo para poder desempeñar diferentes funciones. La corteza cerebral posee cuatro lóbulos principales, y se puede trazar un mapa de ellos dividiéndolos en más de 40 subregiones distintas, cada una de las cuales tiende a relacionarse con procesos particulares, aunque en buena medida comparten una estructura común y pueden modificarse de manera flexible en cuanto respecta a su alcance a lo largo del desarrollo después del nacimiento. Esta localización de las funciones también se encuentra en las regiones más profundas (subcorticales) del cerebro con las que está conectada la corteza.

- El movimiento es controlado en buena medida por tres estructuras interconectadas: la corteza motora, los ganglios basales, que a su vez constituyen un grupo de estructuras interrelacionadas por debajo de la corteza, y el cerebelo. Todas estas estructuras desempeñan un papel diferenciado en cuanto al movimiento, por ejemplo el cerebelo es fundamental para el aprendizaje motor.
- Se piensa que las emociones están localizadas en un grupo de estructuras cerebrales denominadas colectivamente “sistema límbico”, que comprenden el hipotálamo, el hipocampo y la amígdala.
- A menudo se investiga la cognición social en las poblaciones clínicas cuyos comportamientos sociales suelen diferir de aquéllos de los individuos sanos. Se ha constatado que la amígdala y la corteza temporal son importantes para esta función, de la misma manera que sus conexiones con otras regiones.
- El procesamiento del lenguaje está localizado de manera predominante, pero no exclusiva, en el hemisferio izquierdo (en las personas diestras) y constituye uno de los ejemplos de “lateralización” evolutiva, que es la especialización de una función en uno de los hemisferios del cerebro. En particular, las áreas de Broca y de Wernicke se ocupan respectivamente de la producción y la comprensión lingüísticas. Las áreas involucradas en la audición también se activan cuando se procesa el lenguaje y, si se trata de la lectura, participan asimismo las áreas vinculadas a la visión.
- La localización de la memoria depende del tipo de memoria tomado en consideración. Por ejemplo, la denominada “memoria de trabajo” está estrechamente relacionada con la corteza prefrontal. En cambio, la memoria a largo plazo está vinculada con el hipocampo.
- La planificación es un aspecto importante del funcionamiento cognitivo superior. Está relacionada con la activación de los lóbulos frontales y, en particular, de la corteza prefrontal.
- La atención se puede fraccionar en toda una serie de tipos distintos, como por ejemplo la selectiva, la sostenida o la dividida, cada una de las cuales ocupa áreas del cerebro ligeramente diferentes.

Ellie Dommett, Ciencias relativas al cerebro y la conducta, La Universidad Abierta, Reino Unido

- *Durante la infancia se constituyen muchas regiones especializadas del cerebro.*
- *Entre varias otras funciones, se localizan en circuitos cerebrales específicos el lenguaje, las emociones, la memoria, la planificación y la atención.*

A medida que se desarrolla el cerebro, ya desde antes de nacer y hasta la edad adulta, sus distintas partes se ponen al servicio de funciones específicas



Los pilares del cerebro

El cerebro está compuesto por alrededor de 100 billones de células especializadas denominadas neuronas.

Cada neurona consta de cuatro partes esenciales que le permiten ejecutar su función.

- **Dendritas:** prolongaciones ramificadas de la neurona, que sirven para recibir la llegada de señales provenientes de otras neuronas.
- **Cuerpo celular:** parte fundamental de la neurona, que sirve para integrar todas las informaciones que llegan, sumando las distintas señales.
- **Axón:** fibra larga, a lo largo de la cual se transmiten los impulsos eléctricos (“potenciales de acción”).
- **Terminales axónicos:** puntos que se encuentran en el extremo del axón, mediante los cuales la señal pasa a otro axón. En la mayoría de ellos la señal se transforma (las señales eléctricas se convierten en químicas) para poder ser transmitida a la neurona siguiente.

Mediante los terminales axónicos la neurona se pone en contacto con las dendritas de otra neurona. Sin embargo, este contacto no es directo, ya que en la mayor parte de los casos existe un pequeño espacio entre las dos neuronas que se llama “hendidura sináptica”. Este espacio impide que la señal eléctrica prosiga directamente de la primera neurona a la segunda. Por consiguiente, el potencial de acción provoca la liberación por parte de la primera neurona de un mensajero químico específico, que es el “neurotransmisor”, capaz de difundirse más allá del espacio para llegar a la segunda neurona, donde puede causar un pequeño cambio de las propiedades eléctricas de la neurona, permitiendo así que la señal continúe su camino. Para que esto suceda, la segunda neurona debe estar en condiciones de recibir el neurotransmisor liberado y esto sucede gracias a receptores específicos que se hallan en la dendrita de la neurona.

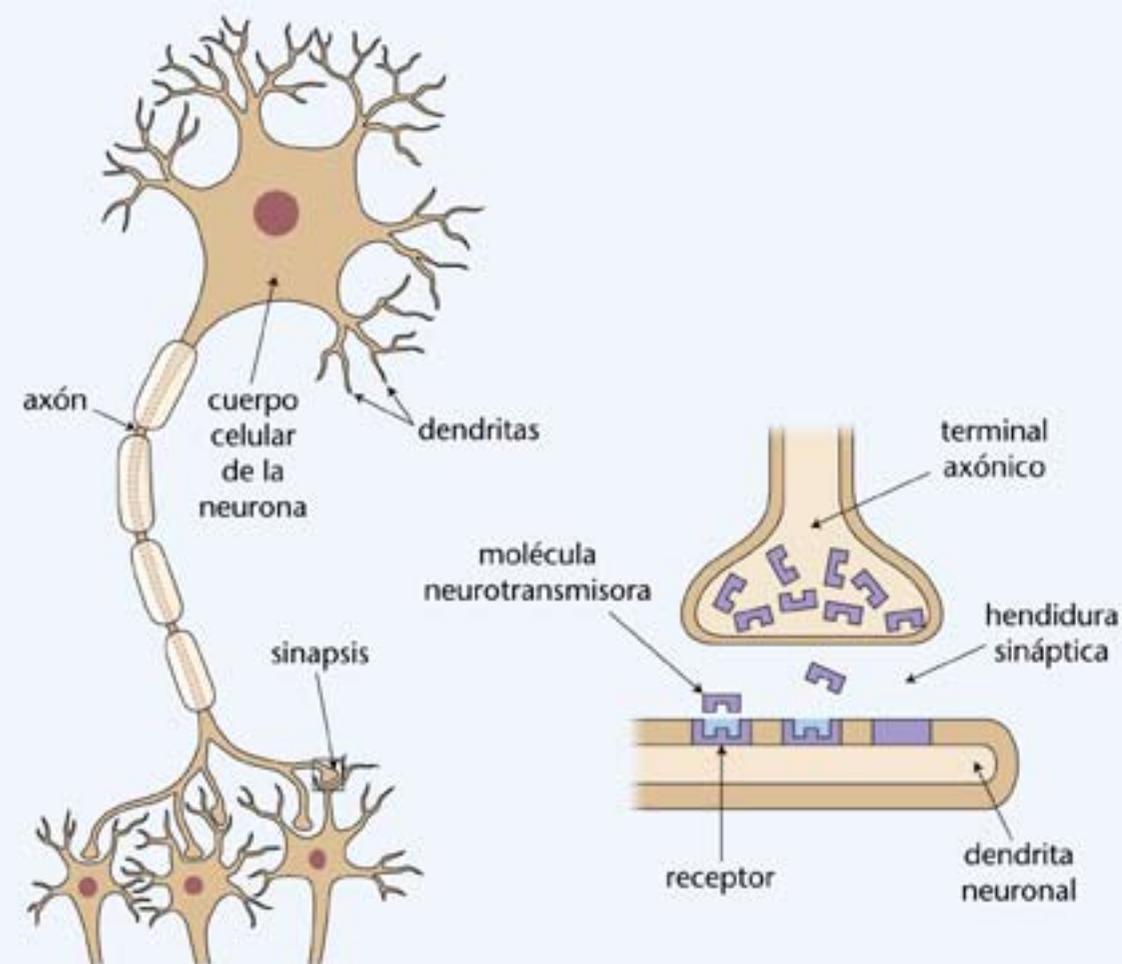
Hay muchos tipos distintos de neurona, algunos de los cuales cubren grandes distancias, extendiendo sus axones desde la médula espinal hasta el dedo del pie, mientras que otros apenas alcanzan una ínfima fracción de esa distancia, dentro de una sola región del cerebro.

Cabe también observar que las neuronas no son las únicas células que se encuentran dentro del cerebro. En realidad, su número es superado con creces por varios tipos diferentes de células gliales, que sirven de apoyo para el funcionamiento de las neuronas y lo hacen desempeñando varios roles de distintas maneras, por ejemplo asegurando que haya suficiente oxígeno y nutrientes para las neuronas. Las dendritas, los axones y las células gliales componen la denominada “materia blanca” del cerebro.

Ellie Dommett, Ciencias relativas al cerebro y la conducta, La Universidad Abierta, Reino Unido

- *Existen muchos tipos diferentes de neurona.*
- *Algunas neuronas cubren grandes distancias dentro del cuerpo, mientras que otras son microscópicamente cortas.*

En el cerebro muchos tipos diferentes de células colaboran para formar y apoyar las redes de comunicación



Desarrollo de la corteza cerebral

Si miramos el cerebro, la parte que más salta a la vista es la estructura intrincada de la superficie externa: la corteza cerebral. Sin embargo, no debemos olvidar que la mayoría de las estructuras del cerebro son subcorticales: están debajo de la corteza. La corteza cerebral humana, como la de todos los demás mamíferos, es básicamente una gran hoja fina y plana de aproximadamente 3 ó 4 mm de espesor. El notable aumento del tamaño total de la corteza a lo largo de la evolución es responsable de los pliegues cada vez más complicados, con la formación de hendiduras y lóbulos característicos, por crecer dentro del espacio más bien reducido del cráneo humano.

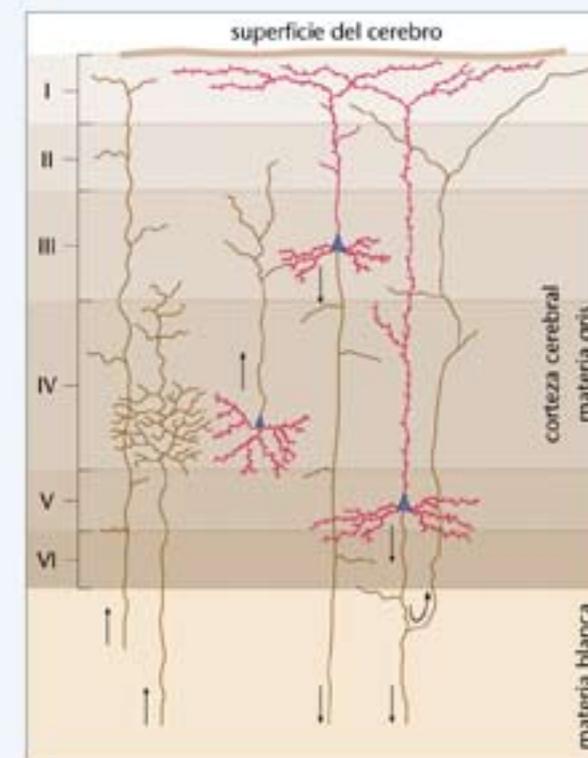
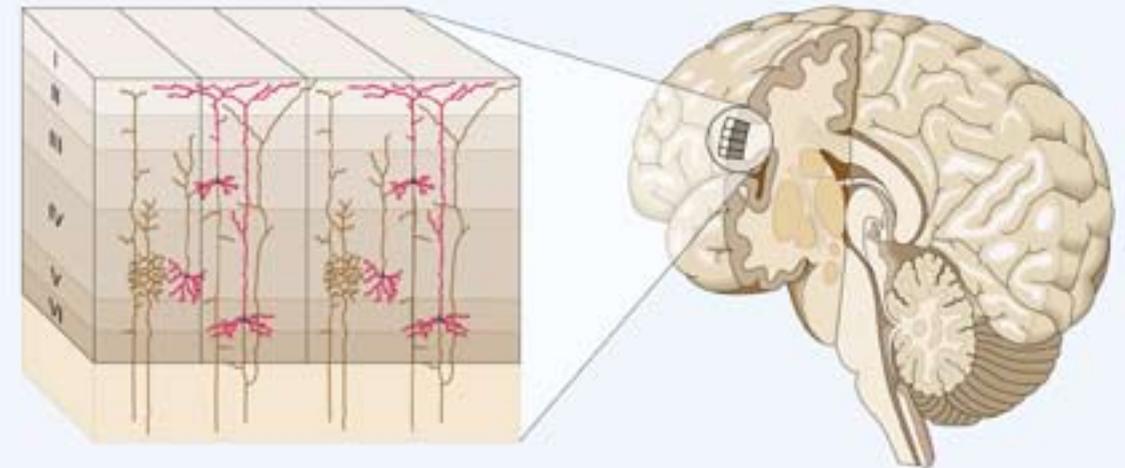
Si observamos el interior de la corteza con un microscopio potente, vemos que consta de seis capas distintas, cada una de las cuales tiene su propia mezcla de tipos de neuronas y de conectividad. Esta estructura estratificada es como una torta con capas de bizcocho esponjoso, crema y mermelada, que difieren en cuanto a la densidad relativa de las distintas partes. Durante el desarrollo prenatal, los estratos de la torta se van construyendo “de adentro hacia afuera”, a medida que las neuronas recién nacidas se desplazan más allá de sus hermanas mayores, ocupando su lugar en las capas superiores, cumpliendo un proceso que se llama “migración activa”. Algunas toxinas prenatales pueden perturbar este proceso de migración neuronal.

Del mismo modo que las capas de la corteza cerebral se construyen como se ha explicado, durante el desarrollo la corteza también se divide en áreas o regiones destinadas a las distintas funciones particulares, como tajadas de una torta. Las neuronas de cada área son reclutadas para prestar servicio en cada uno de los sentidos, para trazar mapas más complejos entre los distintos sentidos o para enviar órdenes a las regiones subcorticales que se ocupan del control motor. Hay un debate irresuelto entre los científicos a propósito de la importancia relativa de las moléculas señaladoras específicas respecto a los esquemas de actividad eléctrica en la creación de estas áreas funcionales de la corteza. Una posibilidad es que, mientras que los bordes de las áreas mayores se definen por marcadores moleculares intrínsecos, la diferenciación más detallada en áreas más pequeñas y funcionales sufra la influencia de la actividad concreta de las neuronas mismas. Lo que está fuera de duda es que, cuando el niño nace, la corteza todavía muestra un grado de plasticidad considerable y las dimensiones de algunas áreas funcionales pueden aumentar o disminuir según las pautas que rijan las vivencias prácticas y las experiencias del niño (Sur y otros, 1999; Sur y Rubenstein, 2005).

Mark H. Johnson, Centro para el Desarrollo Cerebral y Cognitivo, Birkbeck, Universidad de Londres, Reino Unido

- *La corteza cerebral humana es básicamente una gran hoja fina y plana de aproximadamente 3 ó 4 mm de espesor.*
- *Cuenta con seis capas distintas, cada una de las cuales tiene su propia mezcla de tipos de neuronas y de conectividad.*
- *Las capas están constituidas por neuronas que migran activamente mientras se desarrolla el cerebro.*

Durante el desarrollo, la corteza cerebral se articula en una serie de capas, a medida que las neuronas migran hacia su meta y se forma un conjunto de regiones con funciones particulares



Neurotransmisores

Los neurotransmisores son sustancias químicas que se desempeñan como portadoras de señales entre las neuronas

Cuando un impulso eléctrico que viaja a lo largo de un axón llega al botón sináptico que se encuentra en el extremo del mismo, para que la señal pase a otra neurona en la hendidura sináptica se liberan sustancias químicas que, a su vez, activan los receptores que se hallan en la dendrita receptora de la neurona siguiente. De tales neurotransmisores químicos dentro del cerebro existen varios tipos, y el efecto preciso de un neurotransmisor depende de los receptores que tiene la neurona receptora y de la red general en la cual actúa el neurotransmisor.

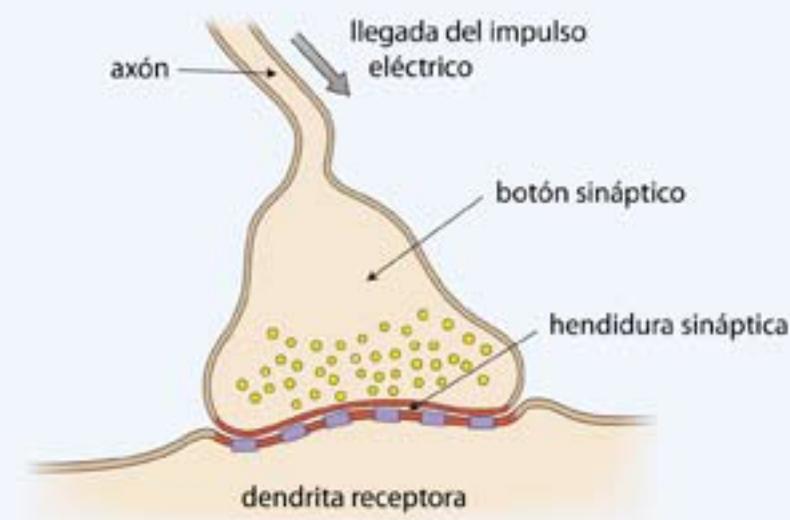
Hay dos neurotransmisores que no se originan en un grupo específico de neuronas y se observan en las neuronas de prácticamente todas las estructuras cerebrales. Se trata del glutamato y el ácido gamma-aminobutírico (GABA). El glutamato es un neurotransmisor excitante, lo que significa que hace que la neurona receptora se acerque al punto de descarga de un potencial de acción. En cambio, el GABA es un neurotransmisor inhibitorio y, por lo tanto, hace que sea menos probable que la neurona receptora descargue un potencial de acción.

En el cerebro se encuentran varios otros neurotransmisores que tienden a provenir de grupos diferenciados de neuronas. Por ejemplo, cuatro de ellos están relacionados con estructuras y funciones particulares.

- **La acetilcolina** se encuentra en neuronas situadas en el tronco encefálico, que es la parte inferior del cerebro, y en el prosencéfalo, y participa en los procesos de atención y excitación. Este neurotransmisor se halla asimismo en todas las conexiones entre neuronas y músculos y es, por consiguiente, fundamental para ejecutar movimientos.
- **La dopamina** se encuentra en dos áreas del mesencéfalo que constituyen el origen de dos caminos: el nigrostriatal y el mesolímbico. El primero es esencial para el control de los movimientos y el segundo, a menudo llamado "sendero del deseo", es de vital importancia para la motivación.
- **La noradrenalina** es liberada por neuronas que se originan en las profundidades del tronco encefálico y desempeña un papel decisivo en las denominadas "reacciones de lucha o huida". También es capaz de modular los procesos de aprendizaje dentro del cerebro y está involucrada en los estados depresivos y maníacos.
- **La serotonina** es liberada por neuronas de otra región situada dentro del tronco encefálico. Está relacionada con el ciclo del sueño y la vigilia, la regulación de la temperatura y la modulación del dolor y el humor.

Ellie Dommett, Ciencias relativas al cerebro y la conducta, La Universidad Abierta, Reino Unido

- *Dos neurotransmisores omnipresentes, que se encuentran en las neuronas de prácticamente todas las estructuras cerebrales, son el glutamato y el GABA.*
- *Otros neurotransmisores están concentrados en estructuras particulares.*
- *Los diferentes neurotransmisores están relacionados con distintos caminos dentro del cerebro.*



Sistemas y caminos

Dentro del cerebro, los varios sistemas responsables de cada una de las funciones particulares están compuestos por conexiones entre las distintas partes, que forman "caminos" entre ellas. Estas conexiones pueden ser muy largas, con axones neuronales que se extienden entre regiones cerebrales distantes, y los diversos caminos están relacionados con neurotransmisores diferentes. Por ejemplo, existen dos caminos muy importantes que juntos forman el sistema mesolímbico, y los dos principales neurotransmisores que actúan en ellos son la dopamina y la serotonina. Este sistema conecta partes del tronco encefálico (el romboencéfalo y el mesencéfalo) con diferentes áreas de la corteza, vinculadas con distintas funciones, y se ocupa primordialmente de controlar cómo se relaciona y comporta el individuo dentro de su ambiente. Se suele describir el sistema mesolímbico como una de las partes "primitivas" del cerebro, porque se generó en un momento temprano de la evolución.

El camino dopaminérgico (o "del deseo") conecta las partes del tronco encefálico que se activan cuando se experimentan estímulos motivadores con las partes de la corteza prefrontal que controlan la atención y las funciones ejecutivas. Ayuda a los individuos a comportarse de una manera que maximice las ventajas. Obviamente, esto es importante para la supervivencia, pero también puede ser fuente de problemas, como en el caso de desarrollo de conductas adictivas.

El camino serotoninérgico (con la serotonina como neurotransmisor principal) se puede considerar el camino "del bienestar". Conecta algunas partes del tronco encefálico con la corteza, por ejemplo en las áreas prefrontales, y también con otras áreas que tienen que ver con los niveles de memoria, estado del humor y actividades. Los trastornos producidos en este camino están relacionados con estados de ansiedad y depresión y comportamientos obsesivo-compulsivos.

Estos dos caminos colaboran entre sí para brindar apoyo a una conducta motivada, un comportamiento organizado y estados emocionales correspondientes. La maduración y el fortalecimiento de estos caminos durante la primera infancia contribuyen a que las facultades en evolución del niño se manifiesten en comportamientos más complejos y planificados.

Los medicamentos utilizados para tratar los trastornos del humor, la atención y la actividad de los niños actúan modificando la manera de operar de los neurotransmisores en estos caminos.

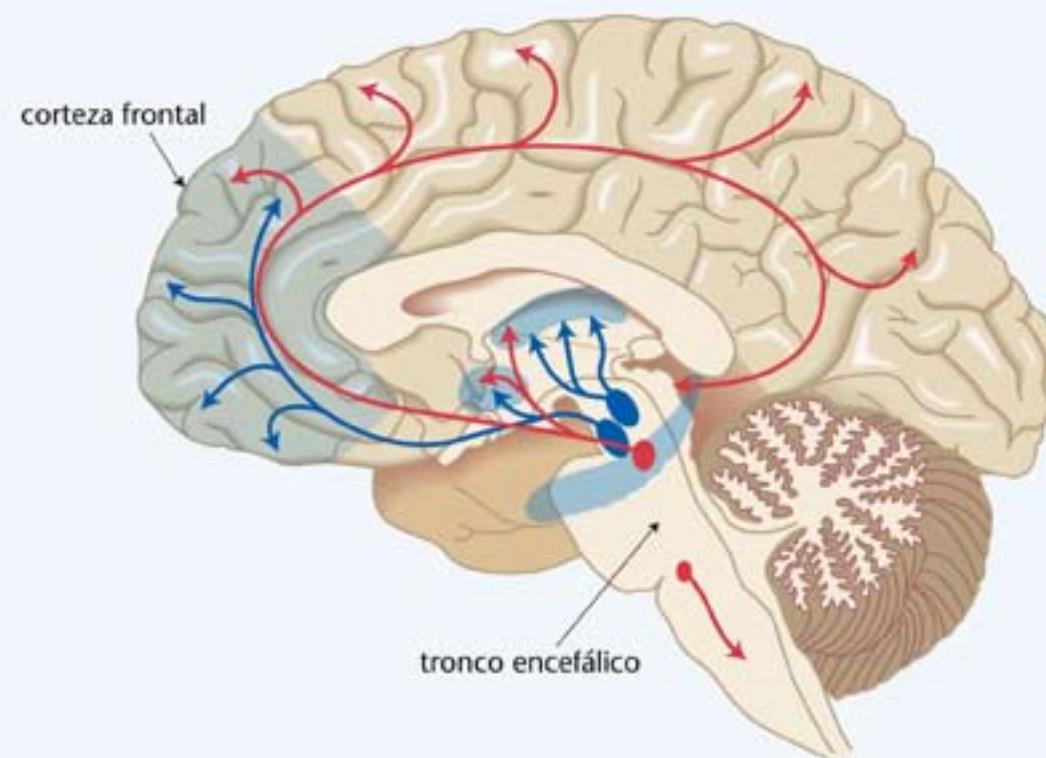
John Oates, Grupo de Estudios sobre el Niño y el Joven, La Universidad Abierta, Reino Unido

- *La maduración y el fortalecimiento de los caminos durante la primera infancia contribuyen a que las facultades en evolución del niño se manifiesten en comportamientos complejos y planificados.*
- *Los varios sistemas del cerebro están compuestos por conexiones entre las distintas partes, que forman "caminos".*
- *El sistema mesolímbico desempeña un papel importante en controlar cómo se comporta el individuo dentro de su ambiente.*

El sistema mesolímbico apoya la conducta motivada y los estados emocionales correspondientes

Caminos de la dopamina

Caminos de la serotonina



Funciones:

- Recompensa (motivación)
- Placer, euforia
- Función motora (afinación)
- Compulsión
- Perseverancia

Funciones:

- Humor
- Procesamiento de la memoria
- Sueño
- Cognición

Cerebro único, niño único

Las diferencias entre los niños se manifiestan claramente muy pronto después de nacer: algunos son irribables mientras que otros son más tranquilos. Algunos prestan más atención que otros, de la misma manera que algunos son más sociables. Los psicólogos utilizan el término “temperamento” para referirse a características tales como éstas, que tienen una base predominantemente biológica y cuentan con un importante componente genético junto con influencias que remontan al período previo al nacimiento.

Gracias a estudios llevados a cabo con animales y seres humanos, se están acumulando pruebas que demuestran que el estrés experimentado por las madres embarazadas, junto con las deficiencias registradas en su dieta, puede ejercer efectos tanto a corto como a largo plazo sobre el desarrollo del cerebro (Mulder y otros, 2002), lo que tiene consecuencias para las características conductuales del niño y para su desarrollo.

Existen también múltiples factores genéticos que influyen la estructura cerebral (Thompson y otros, 2001; Wright y otros, 2002) y los genes que hasta ahora han sido identificados como responsables de tal rol muestran significativas variaciones (polimorfismos) con consecuencias para el temperamento de los niños. Una cuestión particular a la cual los investigadores le están prestando atención es cuáles son los efectos de los polimorfismos de los genes relacionados con la neurotransmisión, como en el caso de los sistemas de la dopamina y la serotonina. Por ejemplo, se ha revelado que las variaciones en la longitud de las secuencias de repetición del gen DRD4, que codifica un tipo de receptor de dopamina en el sistema mesolímbico, están relacionadas con las diferencias en el grado de apego de los niños hacia sus cuidadores, y que también interactúan de manera compleja con las diferencias en el cuidado brindado por las madres (Gervai, 2009).

Se trata de un ámbito de investigación en desarrollo, y cada vez resulta más evidente que existen muchas diferentes interacciones de gen a gen involucradas en el origen de las diferencias temperamentales entre los niños. Con estas diferencias también interactúan de manera compleja otros factores presentes en el entorno de los niños. Por ejemplo, parece que algunos perfiles genéticos pueden ser protectores para un niño en un determinado ambiente, mientras que en un ambiente distinto, al contrario, pueden hacer que el niño sea más vulnerable (Belsky y Pluess, 2009).

Estos factores y procesos, que interactúan de modo complejo, implican que cada niño es auténticamente único: una corroboración más del dicho según el cual “cada uno es cada uno y cada cual es cada cual” cuando se trata de ayudar a los niños a superar las adversidades y a realizar plenamente sus potencialidades.

John Oates, Grupo de Estudios sobre el Niño y el Joven, La Universidad Abierta, Reino Unido

- *Las diferencias de temperamento entre los recién nacidos dependen de las variaciones genéticas, junto con otras influencias que remontan al período prenatal.*
- *Muchas distintas interacciones entre los genes están relacionadas con las diferencias temperamentales entre los niños.*
- *Todos los factores y procesos que interactúan de modo complejo implican que el cerebro de cada niño es verdaderamente único, y esto vale incluso en el caso de los mellizos gemelos.*

Existen muchas interacciones genéticas y genético-ambientales distintas que producen diferencias temperamentales entre los niños



Métodos de diagnóstico por imágenes del cerebro

Una de las razones del interés actual por poner en relación el crecimiento y las estructuras del cerebro con el desarrollo infantil deriva de los progresos logrados en cuanto a los métodos que permiten la generación y comprobación de las ideas planteadas por la investigación con más facilidad e inmediatez que antes. Un conjunto de instrumentos tiene que ver con la representación óptica del cerebro: son capaces de crear mapas “funcionales” de la actividad cerebral basándose en los cambios registrados en el metabolismo, el flujo sanguíneo o la actividad eléctrica del cerebro. Las tres técnicas principales que se utilizan para estudiar el desarrollo son los potenciales relacionados con eventos (PRE o ERP: *event-related potentials*), la imagen por resonancia magnética (IRM o MRI: *magnetic resonance imaging*) y la espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS: *near infra-red spectroscopy*).

Los PRE emplean sensores colocados sobre el cuero cabelludo para medir pequeños cambios en la actividad eléctrica del cerebro generados por la descarga simultánea de grupos de neuronas. Este método es útil para detectar la actividad en constante y rápido cambio que es característica del cerebro. Generalmente se saca el promedio de muchas tentativas, para descartar los ritmos naturales del cerebro que no tienen relación con la presencia de un estímulo. Con un elevado número de sensores, los análisis matemáticos consienten deducir cuáles son las ubicaciones probables de la actividad cerebral en cuestión dentro del cerebro.

La IRM estructural (IRMe o sMRI: *structural MRI*) permite representar ópticamente la anatomía del cerebro, mientras que la IRM funcional (IRMf o fMRI: *functional MRI*) consiente además la medición no invasiva de la oxigenación sanguínea cerebral, que es un indicador de actividad neural en las proximidades, con una fina resolución espacial en milímetros, pero con una burda resolución temporal de varios segundos. Si bien la IRMf no tiene la alta resolución temporal de los PRE, posee una mejor resolución espacial. El uso de la IRMf se ha extendido recientemente a los lactantes y a los niños, aunque debido a la necesidad de que la persona permanezca inmóvil, los bebés sólo se pueden estudiar cuando duermen.

La NIRS es un método de representación óptica relativamente nuevo que saca provecho de la circunstancia de que el cráneo de los bebés es mucho más delgado (Lloyd-Fox y otros, 2009). Se pone a los lactantes un gorro provisto de emisores y detectores luminosos. Los insignificantes cambios en la absorción de la luz debidos a cambios en la oxigenación sanguínea del cerebro proporcionan mapas de la actividad cerebral parecidos a los de la IRMf. Puesto que el método es mucho menos sensible al movimiento, es posible registrar los datos mientras que los niños pequeños están despiertos y participan activamente en cualquier tarea.

Si bien estas técnicas se utilizan en los diagnósticos médicos y no solamente en la investigación neurocientífica, existen significativas diferencias entre las dos aplicaciones. En un diagnóstico la atención se concentra en el individuo, mientras que en la investigación normalmente se combinan y promedian los datos de numerosos individuos para proporcionar un cuadro claro y general de la actividad cerebral. Esto se debe a que así se pueden reducir las “interferencias” propias de toda representación óptica del cerebro. Es importante reconocer que, cuando se hace esto, también se pueden oscurecer las diferencias que marcan la individualidad inseparable del desarrollo del cerebro de cada persona.

(adaptado de Mareschal y otros, 2004)

Actualmente los investigadores que desean estudiar el desarrollo y la actividad del cerebro de los niños tienen a su disposición toda una serie de métodos diferentes



- Las técnicas de los potenciales relacionados a eventos (PRE) miden pequeños cambios eléctricos en la superficie del cuero cabelludo para captar los rápidos cambios temporales de actividad cerebral y deducir cuáles áreas se activan.
- La imagen por resonancia magnética funcional (IRMf) detecta los cambios en el nivel de oxígeno presente en la sangre dentro del cerebro y es útil para localizar la actividad pero poco satisfactoria para registrar cambios rápidos.
- La espectroscopía de infrarrojo cercano es un método más reciente que utiliza la absorción de la luz y, como los movimientos de la cabeza no lo afectan tanto, es especialmente adecuado para ser empleado con los niños pequeños.

INTERROGANTES CON INCIDENCIA EN POLÍTICAS



- ◆ ¿Están suficientemente informadas sobre el desarrollo cerebral de los niños las personas responsables de tomar decisiones políticas y aplicarlas?
- ◆ ¿Cuáles procedimientos existen para recoger los nuevos descubrimientos de la investigación neurocientífica relevantes para la atención y educación de la primera infancia?
- ◆ ¿Cuán eficaz es la divulgación de los nuevos aportes de la investigación relevantes para el sector entre los funcionarios de los servicios públicos, las ONG y las demás personas responsables de fomentar el desarrollo de los niños pequeños?
- ◆ ¿Existen programas adecuados y duraderos para el desarrollo profesional que estén actualmente en funcionamiento para garantizar que los responsables de diseñar y cumplir las políticas se encuentren en condiciones de apreciar la validez científica de las afirmaciones relativas a las consecuencias de la neurociencia para la atención y educación de la primera infancia?
- ◆ Si un sano desarrollo cerebral forma parte de los derechos de todo niño durante la primera infancia, ¿cuáles son las consecuencias a nivel de las políticas nacionales?



II.

¿Qué es lo que se desarrolla?

El cerebro del niño comienza a desarrollarse apenas pocos días después de la concepción.

Una inmensa porción del crecimiento cerebral tiene lugar antes del nacimiento del niño, primero mediante la abundante creación de neuronas y luego mediante las numerosas conexiones axónicas que se forman entre ellas.

Justo antes de nacer y durante el primer año de vida se constituyen los sistemas y caminos cerebrales, a medida que van sobreviviendo las neuronas frecuentemente activas y van muriendo las neuronas activadas con menor frecuencia.

Mientras se van formando las vainas de mielina en torno a las fibras nerviosas al final de la gestación y durante la primera infancia, va aumentando la eficacia de la transmisión de señales.

Al desarrollarse los sistemas y caminos cerebrales, las diferentes funciones gradualmente adquieren una relativa localización en áreas específicas del cerebro y algunas de ellas se lateralizan en uno u otro de los dos hemisferios cerebrales.

Dado que los distintos elementos del cerebro tienen su propio pico de crecimiento en momentos diferentes, existen "momentos sensibles" en los cuales son particularmente importantes las influencias ambientales.

Los "períodos de reposo", durante los cuales el cerebro está menos ocupado en tareas externas, sin dejar por ello de permanecer sumamente activo, son igualmente importantes para el desarrollo.



Antes de nacer

Cuatro semanas después de la gestación, antes incluso de que una madre sepa que está embarazada, el cerebro del feto ya se está empezando a formar. En este período y más tarde a lo largo del embarazo, es importante que la dieta de la madre contenga suficiente ácido fólico, cuya falta puede limitar el desarrollo cerebral y producir casos de espina bífida (un cierre incompleto de la espina dorsal que deja expuesta la médula espinal). En los cuatro meses siguientes, las células cerebrales se forman a una velocidad asombrosa, que oscila alrededor de las 250.000 células por minuto. Posteriormente, la formación de nuevas células se ralentiza mientras un número elevado de interconexiones axónicas entre las neuronas se van estableciendo.

Al terminar el tercer mes de gestación, el sistema nervioso está lo suficientemente desarrollado como para que se manifiesten reflejos físicos básicos, junto con reacciones tales como dar patadas o doblar los brazos. En el cuarto mes los ojos y los oídos ya están conectados con el cerebro en desarrollo y el feto reacciona a los sonidos y a las luces brillantes. Durante estos primeros meses, muchas neuronas migran hacia sus metas finales desde el lugar donde se formaron y, mientras migran, mantienen la mayoría de las conexiones realizadas. Buena parte de esta migración se orienta hacia las capas externas del cerebro joven, formando la corteza cerebral, con alta densidad de neuronas.

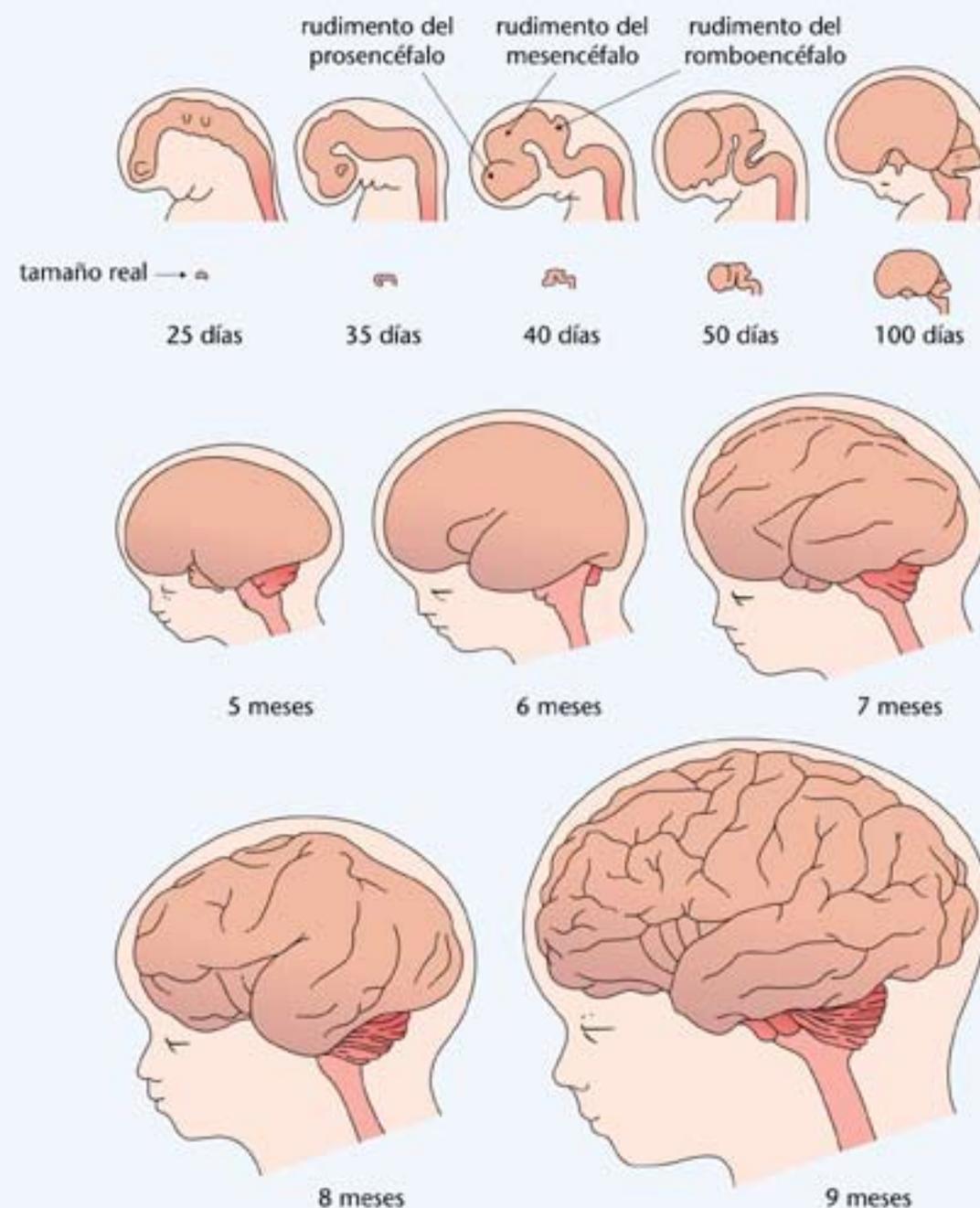
Al cabo de cinco meses de gestación, los movimientos corporales del feto son más controlados y variados, al madurar las partes del cerebro que controlan el comportamiento motor. En el sexto mes de gestación, el crecimiento de nuevas neuronas se desacelera considerablemente, mientras se crean muchas más conexiones entre las neuronas mediante las múltiples dendritas (ramificaciones) que se forman en los axones; se observa entonces el aprendizaje ya que el feto empieza a manifestar acostumbamiento (mediante una reducción de las reacciones) a los estímulos repetidos, como por ejemplo a los mismos sonidos.

La alimentación de la madre sigue siendo importante, ya que un suministro adecuado de nutrientes es necesario para construir los componentes del sistema nervioso, y existe riesgo de daño provocado por las toxinas (McEwen, 1987). El bienestar psicológico de la madre también afecta el desarrollo cerebral; el estrés durante el embarazo tiene efectos en el feto que resultan evidentes sólo después del nacimiento y en algunos casos pueden ser duraderos (Mulder y otros, 2002). Durante las etapas finales embarazo, el número de neuronas comienza a disminuir ya que la muerte celular elimina a aquellas que no están activamente involucradas en el desarrollo de las vías y los sistemas cerebrales.

John Oates, Grupo de Estudios sobre el Niño y el Joven, La Universidad Abierta, Reino Unido

- Alrededor de 250.000 células cerebrales nuevas se forman en el feto cada minuto durante los cuatro primeros meses de gestación.
- Un suministro adecuado de nutrientes es necesario para construir los componentes del sistema nervioso.
- El bienestar psicológico de la madre durante el embarazo afecta el desarrollo cerebral.

El cerebro del feto comienza a formarse incluso antes de que la madre llegue a darse cuenta de estar embarazada



Crecimiento neural y poda sináptica

La arquitectura básica del cerebro humano se desarrolla antes de que el niño nazca; la mayoría de las neuronas que el niño llegará a tener en su vida se produce a mediados de la gestación y en el momento de nacer ya se han organizado, formando la corteza y otras estructuras importantes del cerebro. Ya están presentes también los principales caminos de la materia blanca que constituyen las redes cerebrales para el procesamiento de informaciones. Sin embargo, el desarrollo cerebral dista mucho de estar completo en el recién nacido ya que, después del nacimiento, las experiencias del niño desempeñan un papel cada vez más significativo en el modelado y la afinación de los principales caminos cerebrales y redes corticales.

Inmediatamente después de nacer, se produce un incremento espectacular del número de conexiones o sinapsis en todo el cerebro humano. Al cumplir el primer año de vida, el cerebro de un niño tiene casi el doble de conexiones si se lo compara con el de un adulto (Huttenlocher y Courten, 1987; Huttenlocher y Dabholkar, 1997). Muchos caminos efímeros se forman en todo el cerebro del neonato, creando ciertas conexiones entre las distintas áreas cerebrales que ya no se observan en el adulto (Innocenti y Price, 2005). Esta sobreabundancia de conexiones y caminos gradualmente decrece a lo largo de la infancia, a medida que muchos de ellos son "podados" y desaparecen. Muchos factores contribuyen a esta disminución, como por ejemplo la influencia de las experiencias. La actividad de un camino neural, determinada por la experiencia, decide si una conexión particular habrá de debilitarse o se estabilizará como parte de una red permanente. Éste es un factor clave para la "plasticidad" del cerebro en desarrollo: su adaptabilidad respecto a la experiencia, que le confiere un valor inestimable para la supervivencia.

Los cambios que se producen en la conectividad del cerebro también afectan las pautas que rigen la estructura y organización de la corteza en desarrollo. Recientes estudios mediante IRM han revelado que los distintos caminos cerebrales maduran con ritmos diferentes (Lebel y Beaulieu, 2011). Además, la maduración de los caminos tiene lugar conjuntamente con el adelgazamiento localizado de las áreas neocorticales. Actualmente se piensa que el adelgazamiento cortical es un indicador importante de la maduración y desarrollo de las regiones cerebrales (Gogtay y otros, 2004). Los cambios que ocurren en los caminos cerebrales y el adelgazamiento cortical son sistemáticos y reflejan igualmente el desarrollo funcional. Los estudios recientes han comenzado a trazar un mapa de las relaciones que existen entre el aprendizaje y estos aspectos del desarrollo cerebral. Por ejemplo, las diferencias individuales en el desarrollo de la competencia lingüística se han puesto en relación con ciertos modelos de adelgazamiento cortical (Sowell y otros, 2004) como asimismo con el desarrollo de los caminos cerebrales (Niogi y McCandliss, 2006).

Joan Stiles, Universidad de California, San Diego, Estados Unidos de América

- *El desarrollo del cerebro humano es un proceso prolongado que comienza en la fase prenatal y se extiende por lo menos hasta el fin de la adolescencia.*
- *Después del nacimiento del niño, se produce inicialmente una producción exuberante de conexiones cerebrales, seguida de una poda sistemática de conexiones hasta formar un conjunto de redes cerebrales estables.*
- *Las experiencias del niño desempeñan un rol esencial a la hora de determinar cuáles sistemas se estabilizarán y cuáles dejarán de ser importantes desde el punto de vista funcional.*

Las experiencias del niño modelan y afinan los caminos cerebrales y las redes corticales

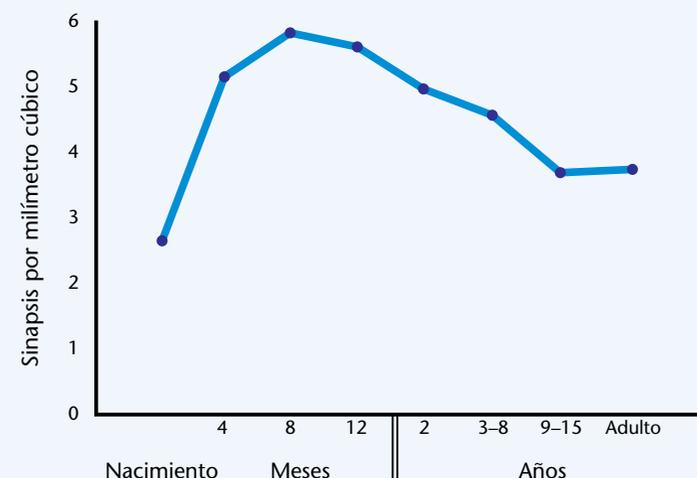
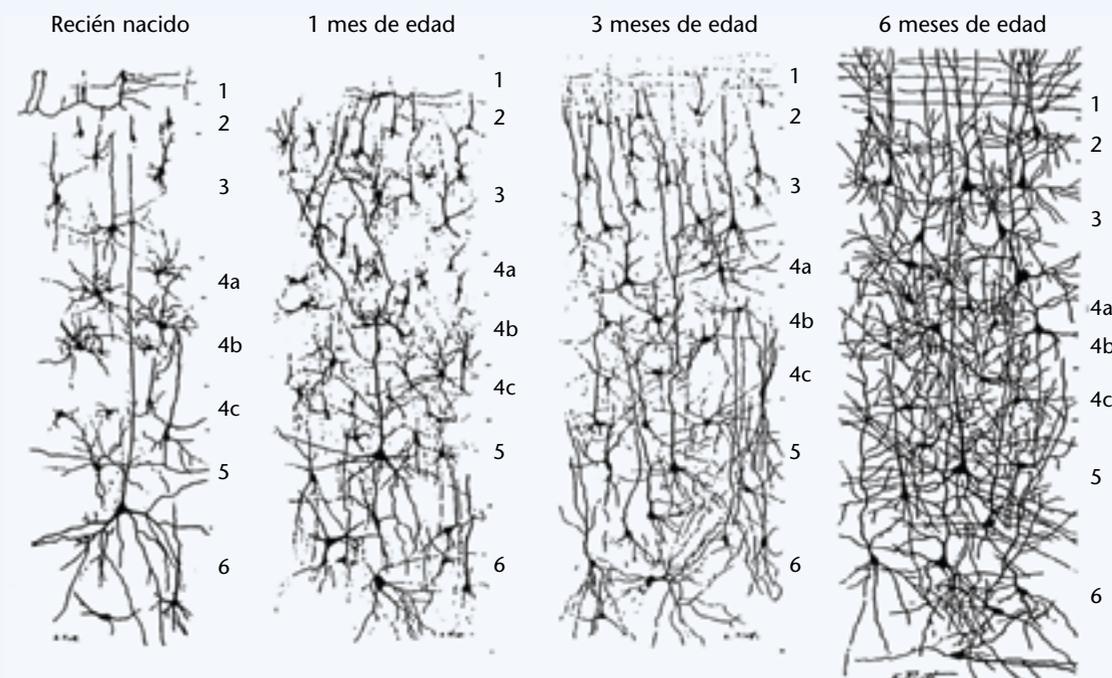


Gráfico que muestra el desarrollo de la densidad de sinapsis en la corteza cerebral primaria del ser humano (los datos provienen de Huttenlocher, 1990)



Preparaciones teñidas mediante la técnica de Golgi (extraído de Conel, 1939-67)

Mielinización y desarrollo cognitivo

La mielina es un material adiposo de color blanco compuesto de agua (40%), lípidos (45%) y proteínas (15%); forma parte de la "materia blanca" del cerebro. Se acumula creando vainas alrededor de las fibras nerviosas (los axones) y aislándolas de manera parecida al aislamiento plástico que cubre los cables eléctricos. Durante la vida temprana del feto, los axones se forman desprovistos de recubrimiento, pero la mielinización empieza durante los últimos meses del embarazo y continúa rápidamente después del nacimiento, aunque sucesivamente sigue, si bien a un ritmo más lento, todo a lo largo de la infancia y la adolescencia.

Sin la funda de mielina la mayoría de los axones transmite los impulsos eléctricos relativamente despacio, formando una serie de ondas, pero cuando se crean las vainas de mielina, los impulsos pueden saltar de una sección enfundada a otra, transmitiendo las señales más rápido y asegurándoles un viaje con menor dispersión o interferencias provenientes de señales que se desplazan a lo largo de otros axones. Las vainas consiguen este resultado evitando que las cargas eléctricas "filtren" fuera del axón.

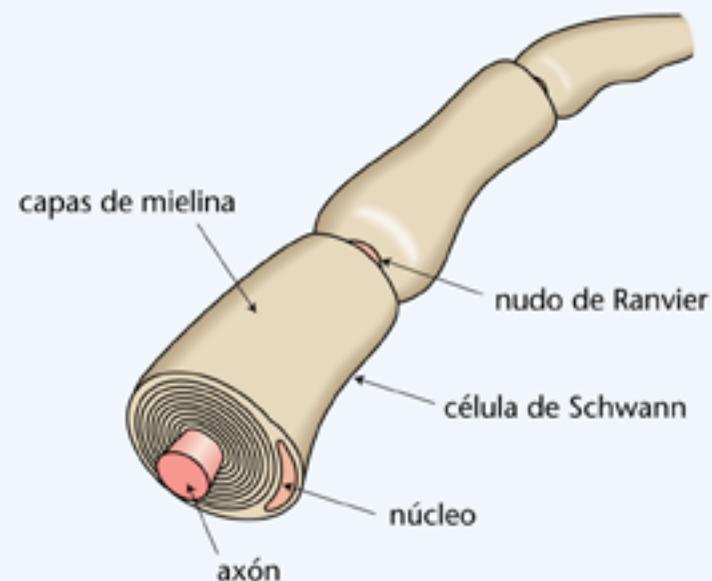
El crecimiento cerebral y, por lo tanto, el crecimiento de la materia blanca, es más veloz durante los dos primeros años de vida, especialmente en la parte frontal del cerebro, que es la sección que participa más activamente en la memoria de trabajo, el pensamiento y la planificación. Es probable que las mejoras que observamos en estas funciones cognitivas durante el desarrollo temprano se deban en parte a la mielinización, que reduce la dispersión de las señales axónicas y aumenta su velocidad.

Una dieta que suministre la cantidad suficiente de proteínas y micronutrientes (Organización Mundial de la Salud, 2008), a las madres durante el embarazo y a los niños después del nacimiento, es esencial para que la mielinización se lleve a cabo sin interrupciones. Existen pruebas de que la carencia de vitamina B12 durante estos dos períodos potencialmente decisivos puede inhibir la mielinización de los axones (Black, 2008) y se sabe que los trastornos en los que se interrumpe la mielinización también están relacionados con impedimentos en las funciones cognitivas. El tratamiento para la carencia de vitamina B12 en los neonatos puede producir mejoras significativas en estas funciones en apenas pocos días, aunque algunos problemas pueden persistir a largo plazo (Stollhoff y Schulte, 1987).

Aparte de los efectos directos en el funcionamiento cognitivo, las deficiencias en la mielinización pueden surtir efectos indirectos en el desarrollo infantil, ya que afectan también a los cuidadores; si un niño es menos capaz de interactuar, puede recibir menos enriquecimientos ambientales y apoyo para su desarrollo (Georgieff, 2007). Esta dificultad puede verse potenciada por las desventajas socioeconómicas, que igualmente pueden ponerse en relación con las carencias nutricionales durante la gestación y la lactancia. Los efectos indirectos de este tipo no se limitan a la mielinización, sino que se manifiestan ampliamente en todos los trastornos del desarrollo.

John Oates, Grupo de Estudios sobre el Niño y el Joven, La Universidad Abierta, Reino Unido

Una buena dieta, para las madres embarazadas y para los niños pequeños, es importante para una mielinización y un desarrollo cognitivo normales



- Las vainas de mielina aceleran las señales neuronales y reducen su dispersión, apoyando el desarrollo cognitivo.
- Una dieta adecuada es particularmente importante para la mielinización durante la última fase del embarazo y en los dos primeros años de vida.
- La carencia de vitamina B12 está relacionada con deficiencias en la mielinización.

Períodos sensibles

Los distintos componentes del cerebro tienen picos de crecimiento en diferentes momentos a lo largo del desarrollo, desde la concepción hasta el fin de la primera infancia (Kang y otros, 2011). Estos períodos de formación y crecimiento intensos son controlados por varios genes que se activan y desactivan según procesos relacionados con el tiempo y el espacio. Dichos cambios en la expresión de los genes alcanzan el nivel máximo durante el desarrollo fetal y la primera infancia.

En los dos primeros meses después de la concepción, los genes que se expresan con mayor potencia son los que controlan la proliferación de nuevas neuronas y otras células relacionadas con ellas en el cerebro del feto. La predominancia de este proceso decae rápidamente antes del momento de nacer, cuando apenas ha alcanzado aproximadamente un décimo de su potencia inicial. La expresión génica para las nuevas neuronas se suprime casi por completo a la edad de 6 años. Durante los últimos meses del crecimiento fetal, la expresión génica aumenta por el crecimiento de las sinapsis que conectan a las neuronas y las dendritas de los axones que consienten las conexiones múltiples de cada neurona, alcanzando el nivel máximo 6 meses después del nacimiento del bebé. Los genes que controlan la mielinización de los axones solamente alcanzan la mitad de su potencial de expresión en el momento de nacer y continúan aumentando su influencia durante los 12 meses siguientes.

Estos cambios drásticos en los picos de crecimiento de los distintos componentes del cerebro, como asimismo la maduración de las estructuras y procesos que de ellos dependen, implican que estamos hablando de períodos sensibles, en los que las condiciones ambientales tienden a surtir efectos específicos. Por ejemplo:

La relación entre el niño y su cuidador depende de la calidad y disponibilidad de las atenciones que se reciben al principio de la vida, que es el mismo período que resulta decisivo respecto al efecto de la carencia de hierro para la mielinización y la densidad de receptores de dopamina.

(Walker y otros, 2011, pág. 1327)

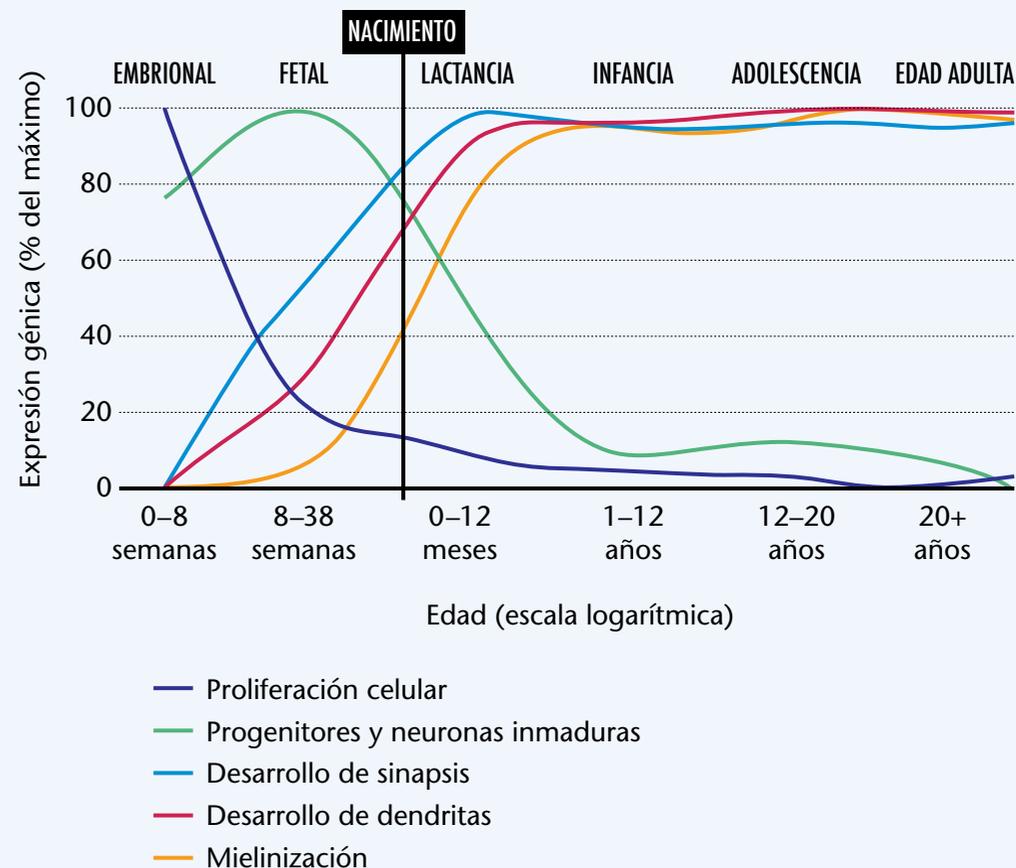
Aunque la investigación sobre estos períodos sensibles avanza a pasos agigantados, no obstante las muchas incógnitas que todavía se deben abordar, el Consejo Científico Nacional sobre el Desarrollo del Niño de la Universidad de Harvard declara que:

Ya que los circuitos de nivel inferior maduran pronto y los circuitos de nivel superior lo hacen más tarde, los diferentes tipos de experiencia son de importancia vital en las distintas edades para lograr un óptimo desarrollo cerebral, que es un concepto denominado *experiencia adecuada a la edad*. Inmediatamente después del nacimiento, las experiencias sensoriales, sociales y emocionales básicas son esenciales para optimizar la arquitectura de los circuitos de nivel inferior. Al alcanzar las edades sucesivas, se vuelven decisivas otras clases (más sofisticadas) de experiencias para modelar los circuitos de nivel superior.

(National Scientific Council on the Developing Child, 2007, pág. 4)

John Oates, Grupo de Estudios sobre el Niño y el Joven, La Universidad Abierta, Reino Unido

Las diferencias en la potencia de la expresión génica respecto a los distintos elementos del cerebro en desarrollo están relacionadas con períodos de mayor sensibilidad



- Las diferencias en la potencia de expresión de los genes que controlan la construcción del cerebro del niño llevan a que se creen períodos que representan un pico de crecimiento de los distintos componentes cerebrales durante la gestación y la lactancia.
- Estas diferencias están relacionadas con toda una serie de períodos sensibles en los cuales las influencias ambientales son particularmente importantes.
- Actualmente los investigadores están estudiando las influencias ambientales específicas que son determinantes en estos períodos sensibles.

Localización y lateralización

Se cree que en los niños recién nacidos la actividad de la corteza cerebral está menos localizada que en los demás niños y en los adultos, y que tiende a distribuirse equitativamente en los dos hemisferios del cerebro. Al adquirir experiencias y madurar, las distintas partes de la corteza gradualmente van especializándose, formando circuitos destinados a llevar a cabo funciones específicas, en ciertos casos en uno u otro de los dos hemisferios. Algunas funciones, y en particular aquéllas que tienen que ver con la fisiología corporal y los sentidos, se establecen en una fase muy temprana de la vida. Otras, como el control de los movimientos primero para gatear y luego para caminar, van surgiendo un poco más tarde, mientras que otras aún, como el viaje mental en el tiempo y la planificación anticipada, se desarrollan todavía después.

Es importante observar que, aunque las distintas redes neurales estén relacionadas con funciones específicas, el cerebro de todos modos funciona como un conjunto de partes estrechamente interconectadas, e inclusive funciones muy simples suelen estar relacionadas con algún nivel de actividad en secciones diferentes de la o las áreas focales (Gottlieb y otros, 1997).

Si se otorga un ambiente que suministre estímulos suficientes y apropiados, como por ejemplo un entorno rico desde el punto de vista lingüístico, podrá manifestarse la predisposición genética para que partes específicas del cerebro se conviertan en áreas focales de funciones específicas. En el caso del lenguaje, esto significa que el área de Broca, en el lado izquierdo del cerebro, se vuelve importante para comprender y producir enunciados del habla (Neville y otros, 1991). Varios aspectos de la función cognitiva se lateralizan de esta manera durante la infancia, estableciendo sus áreas focales de actividad de un lado u otro del cerebro. Por lo general, no obstante, ambas partes del cerebro trabajan juntas; es inexacto pensar que las funciones del “cerebro derecho” y del “cerebro izquierdo” obran por separado.

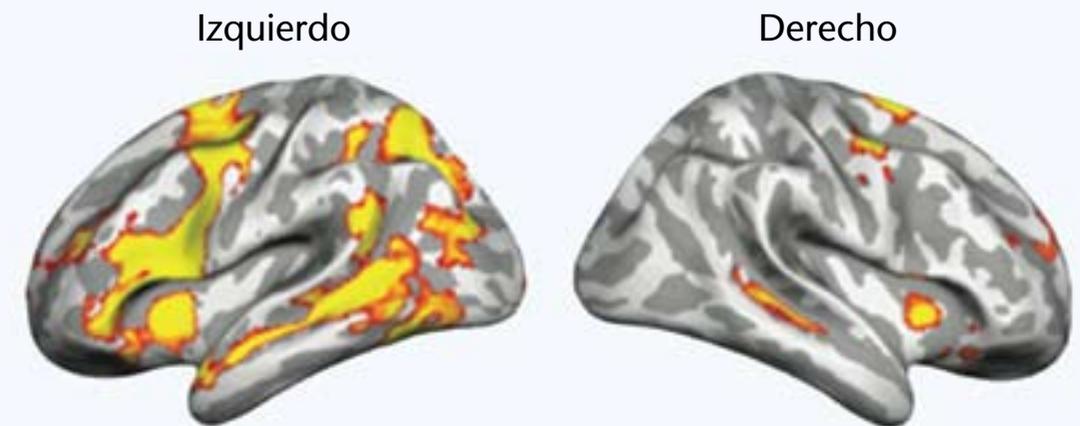
Durante este largo período de especialización y lateralización crecientes, la corteza sigue siendo un órgano sumamente adaptable y, en casos de trastornos adquiridos, es capaz de rescatar una función “en peligro” colocándola en el hemisferio opuesto al que es normalmente sede de esa función. Al principio en el cerebro joven hay mucha redundancia, lo que le brinda una gran flexibilidad, y la especialización que viene después reduce la capacidad del cerebro en desarrollo de superar los efectos de eventuales daños. Sin embargo, si el daño se produce en la misma área de ambos lados del cerebro, la capacidad de recuperación disminuye drásticamente o se pierde por completo (Stiles, 1998; Stiles y otros, 2009).

Ya que las distintas funciones se localizan y lateralizan en diferentes momentos del desarrollo y la “plasticidad” del cerebro decrece a medida que los niños crecen, el diagnóstico y tratamiento tempranos de cualquier daño o ausencia de una función prevista son sumamente importantes para maximizar las oportunidades de lograr un resultado positivo.

John Oates, Grupo de Estudios sobre el Niño y el Joven, La Universidad Abierta, Reino Unido

Faraneh Vargha-Khadem, Unidad de Neurociencia Cognitiva Evolutiva, Instituto de Salud Infantil de la University College London y Hospital de Niños Great Ormond Street, Reino Unido

La predisposición genética y la estimulación ambiental contribuyen simultáneamente a la localización y especialización cerebrales durante la infancia



Mapeo por IRMf de un adulto que revela una mayor actividad (áreas coloreadas) en el hemisferio izquierdo del cerebro de una persona cuando escucha pronunciar frases breves

- *La infancia es un período de especialización y lateralización crecientes de las funciones cerebrales.*
- *Durante la primera infancia los efectos de los trastornos adquiridos en un área de uno de los hemisferios se pueden reducir gracias a la activación del área equivalente del otro hemisferio, que se ocupa de la función en desarrollo.*
- *Para que el tratamiento de los daños cerebrales focales sea eficaz, son de vital importancia un diagnóstico temprano y atento de la pérdida de la función y la evaluación del nivel de desarrollo del niño.*

Las redes y los estados de reposo

Los estados de reposo o de "ausencia" pueden ser particularmente importantes durante el desarrollo en la primera infancia y estar relacionados con el desarrollo funcional de las estructuras cerebrales

Cuando uno no está ocupado en una tarea específica y la mente parece darse al ocio, en el cerebro todavía hay una cantidad de actividades en marcha. Actualmente se está estudiando intensamente esta actividad durante los "estados de reposo" mediante la electroencefalografía (EEG) y la imagen por resonancia magnética funcional (IRMf), que muestran actividades eléctricas específicas como, por ejemplo, la actividad de la banda "alfa" y redes coordinadas de regiones activas. La actividad durante los estados de reposo ha sido identificada incluso en los bebés pequeños, con modalidades a menudo parecidas a las que se registran en los adultos (Fair y otros, 2009). Los estados de reposo pueden ser particularmente importantes en el desarrollo infantil temprano, por estar potencialmente vinculados con el desarrollo de las estructuras del cerebro (Gordon y otros, 2011) y la capacidad de recuperación después de haber sufrido daños (Merabet y Pascual-Leone, 2010). Las experiencias precedentes se pueden reflejar en esta actividad durante el estado de reposo y desempeñar de esa manera un cierto papel en el modelado de las conexiones cerebrales que se basan en los ambientes tempranos.

Los procesos mentales ocupan redes de diferentes regiones cerebrales, cada una de las cuales posee sus especializaciones particulares. Los estudios sobre la eficiencia de los distintos tipos de redes muestran que las denominadas redes del "mundo pequeño" son las más eficaces y que los cerebros adultos siguen este tipo de pauta de conectividad. Contrariamente al diseño cuadrulado de calles que se ve en muchas ciudades, las "redes del mundo pequeño" se parecen más a las aglomeraciones de callecillas de una aldea, unida a otras aldeas similares por autopistas de alta velocidad. Las investigaciones recientes, que frecuentemente se ocupan de analizar los estados de reposo del cerebro, revelan cambios evolutivos tanto en la separación de las regiones cerebrales a lo largo del desarrollo, que reduce el número de conexiones con las regiones cercanas, como en su integración con regiones que se vinculan entre sí mediante conexiones de mayor alcance (Fair y otros, 2009).

Las redes de los adultos tienen una estructura más jerárquica, que bien se presta para apoyar las relaciones verticales (de arriba para abajo) entre una y otra parte de la red (Supekar y otros, 2009). Aunque las redes jerárquicas cuentan con toda una serie de ventajas en el ámbito computacional, también son menos plásticas y más vulnerables a daños o interferencias en cada una de las partes que se encuentran en la cima de la jerarquía. La organización de las redes cerebrales de los niños puede ser más flexible y plástica para reaccionar mejor a los nuevos datos sensoriales o a los nuevos contextos ambientales.

Mark H. Johnson, Centro para el Desarrollo Cerebral y Cognitivo, Birkbeck, Universidad de Londres, Reino Unido

- *En los momentos en que el niño está descansando físicamente y, evidentemente, no se dedica con su mente a ninguna tarea, su cerebro sin embargo sigue permaneciendo intensamente activo.*
- *Los cambios que se producen en el pensamiento de los niños parecen estar vinculados a cambios en sus redes cerebrales.*
- *La actividad cerebral en los "estados de reposo" puede ser importante para el desarrollo normal del cerebro de los niños.*



El cerebro social

Los seres humanos recién nacidos tienen una fuerte tendencia innata a interactuar con las otras personas de quienes dependen en cuanto se refiere al cuidado (abrigo, alimentación, afecto) y al aprendizaje (idioma, normas culturales, habilidades). Puesto que la interacción humana es guiada por objetivos y convicciones, y no sólo por las leyes físicas, prestar atención a otras personas e interactuar con ellas requiere la puesta en práctica de distintas capacidades y sistemas del cerebro, que a veces se definen como "cerebro social". El desarrollo reciente de métodos adecuados para los bebés de representar por imágenes el funcionamiento de su cerebro ha permitido a los investigadores observar el "cerebro social" en actividad desde las fases más tempranas de la vida.

Las caras y voces humanas son de por sí gratificantes para el ser humano recién nacido, tal como lo demuestra el hecho de que los bebés se orientan hacia ellas y disfrutan de ellas más que con otros tipos de estímulos visuales o auditivos (Johnson y otros, 1991). Si estas preferencias iniciales reciben reacciones apropiadas (es decir, si los bebés están rodeados de un ambiente social enriquecedor y estimulante), les permitirán aprender rápidamente cuál es el semblante y el comportamiento de las personas. A medida que esto sucede, distintas áreas del cerebro del niño se especializan gradualmente en el reconocimiento de los diferentes aspectos del mundo social: el movimiento humano (Lloyd-Fox y otros, 2009), la voz humana (Dehaene-Lambertz y otros, 2002) o los rostros humanos (Gliga y Dehaene-Lambertz, 2006). La especialización de un área particular del cerebro que está relacionada con el reconocimiento de las facciones permite que mejore gradualmente la capacidad los niños de distinguir las caras de las personas.

Paralelamente al aprendizaje relativo a las personas, el cerebro del bebé se prepara a comunicar con los adultos y a aprender de ellos. Dado que en los bebés la atención es inicialmente bastante limitada, cuando es necesario aprender algo los cuidadores hacen uso de señales para atraer la atención, que se parecen mucho en las distintas culturas. Entre ellas figuran el contacto visual, el empleo de un tono cantarín (a veces denominado "balbuceo materno" o "balbuceo parental") y/o la repetición del nombre del bebé. Los estudios mediante representaciones ópticas han revelado que un área del cerebro del bebé (la corteza prefrontal) reacciona a este tipo de señales ya a los 5 meses de edad (Grossman y otros, 2010). El contacto visual es eficaz para atraer la atención de los bebés desde el nacimiento (Farroni y otros, 2007) y los ojos siguen siendo por mucho tiempo el elemento del rostro que los bebés prefieren mirar y que generan las reacciones cerebrales más fuertes (Gliga y Dehaene-Lambertz, 2006). Esto no debe sorprender, ya que los ojos son una rica fuente de informaciones acerca de las intenciones o emociones de una persona.

No todos los niños desarrollan el interés en interactuar con los demás y aprender de ellos, y en particular esto se refiere a los niños a quienes se han diagnosticado diferentes niveles de trastornos del espectro autístico. Las investigaciones dirigidas a comprender las causas de estos trastornos siguen en curso; una de las hipótesis que se están poniendo a prueba es que pueden ser resultado de un impedimento en el desarrollo temprano del "cerebro social".

Teodora Gliga, Centro para el Desarrollo Cerebral y Cognitivo, Birkbeck, Universidad de Londres, Reino Unido

Diferentes áreas del cerebro del niño se especializan en reconocer los distintos aspectos del mundo social



- *Interactuar con el mundo social requiere el desarrollo de mecanismos cerebrales especializados: el "cerebro social".*
- *Los bebés nacen con el instinto de orientarse hacia las caras y voces humanas y, especialmente, hacia los ojos humanos, lo que les permite adquirir conocimientos de y sobre las personas.*
- *Los impedimentos que se producen en estas funciones pueden estar vinculados con trastornos del espectro autístico.*

Objetos de atención

Los ambientes sociales y físicos son sumamente complejos pero, sin embargo, los adultos son capaces de seleccionar eficazmente lo que es relevante para codificarlo en la memoria, el aprendizaje y la planificación de actividades. La atención es el polifacético conjunto de habilidades que permite a los adultos ser tan eficientes en su selección de lo que es pertinente, ignorando las distracciones, pero también desempeña un papel cuando se trata de conservar en la propia mente los objetivos elegidos y evitar los comportamientos inadecuados. Por lo tanto, no sorprende que la atención influya en el aprendizaje desde el principio mismo de la infancia. Obras de fundamental importancia han demostrado que la atención de los recién nacidos es atraída automáticamente por los objetos sobresalientes (como los rostros), y que estos comportamientos tempranos relativos a la orientación son reemplazados gradualmente por una atención más controlada, esencial para aprender algo de esos estímulos. Las regiones prefrontal y parietal del cerebro interactúan con otras redes para facilitar su especialización y afinación cada vez mayores respecto a los estímulos ambientales (Johnson, 2011). En una etapa sucesiva del desarrollo, las buenas capacidades de atención brindan también a los niños de preescolar una ventaja en las operaciones aritméticas y la alfabetización, permitiendo predecir cuáles serán sus resultados al llegar a la escuela y más tarde, cuando les toque modular la memoria de trabajo, que es un factor clave para el éxito escolar (Astle y Scerif, 2011).

Las dificultades relacionadas con la atención también explican por qué algunos niños luchan por aprender, y pueden constituir un importante foco de atracción para las intervenciones. Por ejemplo, los estudios recientes han mostrado de qué manera los niños con trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH o ADHD: *attention deficit hyperactivity disorder*), que corren el peligro de obtener peores resultados tanto dentro como fuera del aula, tienen dificultades con la modulación de las redes neurales que participan activamente en el control de la acción; estos niños también tienen problemas para reprimir otras redes activas mientras piensan (Fair y otros, 2010). Los incentivos motivacionales, como la recompensa por una atención continua, pueden ser eficaces para mejorar el equilibrio entre tales redes excitadoras e inhibitorias y pueden interactuar sinérgicamente con psicoestimulantes para lograr que los niños con TDAH puedan desempeñarse al mismo nivel que los niños que no tienen problemas de atención (Liddle y otros, 2011).

La atención modula lo que los niños aprenden de su ambiente, con ciertos procesos que (como el control de la atención respecto a las propias acciones) siguen mejorando en la adolescencia y a principios de la edad adulta.

Gaia Scerif, Grupo para la Atención y el Desarrollo Cerebral y Cognitivo, Departamento de Psicología Experimental, Universidad de Oxford, Reino Unido

- *La atención y las dificultades de atención afectan el aprendizaje en los distintos ámbitos.*
- *Los procesos relacionados con la atención son diferentes pero, a medida que llegamos a comprenderlos mejor, parece que se pueden modificar mediante intervenciones cognitivas bien dirigidas.*
- *Los incentivos motivacionales y los psicoestimulantes pueden funcionar en sinergia para ayudar a los niños con trastornos de la atención.*



INTERROGANTES CON INCIDENCIA EN POLÍTICAS



- ◆ ¿Cuáles medidas deben tomarse para mejorar la comprensión, a nivel público y profesional, de la importancia crucial de los primeros meses y años de vida para el desarrollo cerebral, mediante la educación, los medios de comunicación y las campañas de concienciación?
- ◆ ¿Reconocen las políticas relacionadas con la AEPI que existen períodos de mayor sensibilidad para el desarrollo cerebral, tanto antes como después del nacimiento del niño, y que es esencial que haya adecuado apoyo ambiental para las madres y sus bebés en tales períodos?
- ◆ ¿Tienen los niños pequeños oportunidades suficientes de “estados de reposo” y de estimulación, o los estilos de vida de sus familias son demasiado exigentes para permitirles oportunidades de descansar?
- ◆ ¿Existen programas adecuados para monitorear la salud a fin de detectar señales tempranas de daños o disfunciones cerebrales en los niños pequeños y ofrecer las intervenciones, la orientación y la ayuda necesarias?
- ◆ ¿Se tratan eficazmente las dificultades conductuales de los niños pequeños mediante enfoques “polifacéticos” en vez de confiar simplemente en la medicación?
- ◆ ¿Se toma en serio adecuadamente el significado fundamental del cuidado perinatal, que comprende una buena alimentación, en las políticas y prácticas destinadas a las mujeres embarazadas y las madres que amamantan, y a sus hijos?



III.

Influencias ambientales



El sistema visual del niño depende primordialmente de la estimulación ambiental para alcanzar su pleno desarrollo.

La exposición a un entorno lingüísticamente rico es de vital importancia si se pretende que el niño desarrolle buenas competencias lingüísticas; aprender más de un idioma puede ser un gran beneficio.

Para un sano desarrollo cerebral el niño necesita una buena dieta y descanso y sueño en cantidad suficiente.

El abandono, los abusos y otras formas de maltrato tienen serias consecuencias negativas para el desarrollo cerebral del niño y posteriormente causan problemas psicológicos.

Entre los niños se observan notables diferencias en cuanto a su vulnerabilidad y resiliencia frente a las influencias potencialmente perjudiciales que afectan su desarrollo.

Desarrollo del sistema visual

Los bebés deben aprender a ver, en buena medida de la misma manera que aprenden a caminar o a hablar

Los bebés usan los ojos para explorar el mundo desde el momento en que nacen, incluso antes de ser capaces de usar las manos o las piernas para agarrar cosas o gatear. A pesar de esto, la vista es uno de los sentidos menos desarrollados al nacer. Los bebés deben aprender a ver, de manera muy parecida al modo en que aprenden a caminar o hablar. Para que esto suceda, los bebés necesitan estímulos visuales.

Algunos de los estímulos que el sistema visual necesita se producen cuando los bebés están todavía dentro del vientre materno. Las células del camino visual generan su propia activación espontánea como preparación para los estímulos que llegarán desde el mundo exterior después del nacimiento. Si los bebés nacen prematuramente, este proceso puede sufrir trastornos, lo que afecta el desarrollo visual.

Después del nacimiento comienza la estimulación visual proveniente del mundo exterior. Sus efectos se pueden estudiar en los niños que padecen ceguera reversible causada por cataratas densas que se pueden tratar quirúrgicamente. La visión clara (agudeza visual) final que logra alcanzar el ojo tratado nunca es del todo normal, con discapacidades que aumentan cuanto más temprano se haya producido el período de privación visual (Le Grand y otros, 2001). La estimulación visual también es necesaria para otros aspectos de la vista, como la sensibilidad a los contrastes, la percepción del movimiento y el procesamiento de los rostros. De todos modos, la ubicación temporal y la duración del período en que es necesario un flujo normal de informaciones visuales varía mucho entre estos diferentes aspectos de la vista, oscilando desde los pocos meses después de nacer hasta más allá de los 10 primeros años de vida. Incluso cuando se alcanza un nivel maduro de funcionamiento, existe un período ulterior de estabilización durante el cual hacen falta normales experiencias visuales para poder mantener el nivel de competencia adquirido. Se piensa que este largo período de desarrollo permite que el sistema visual del niño se adapte a las características específicas del ambiente visto, que es aquél en el cual crece (Fox y otros, 2010).

Las informaciones visuales son importantes, además, para el desarrollo de otras áreas. Los niños nacidos con ceguera irreversible manifiestan retrasos en el desarrollo motor, lingüístico y cognitivo, una menor integración de los sentidos ilesos y problemas en las competencias sociales (Warren, 1984). Probablemente todo esto es una combinación del efecto directo de la pérdida de estímulos visuales y de sus consecuencias secundarias. Por ejemplo, la vista desempeña un papel significativo en las primeras habilidades sociales (como el contacto visual y la atención conjunta), que a su vez influyen en el desarrollo de otras habilidades como el lenguaje.

Es evidente que las discapacidades de la vista en una fase temprana de la vida tienen consecuencias duraderas para las habilidades visuales, con repercusiones colaterales en otros ámbitos.

Michelle de Haan, Centro de Neurociencia Cognitiva Evolutiva, University College London, Reino Unido

- *El desarrollo de la función visual comienza antes de nacer cuando el camino visual se autoactiva espontáneamente.*
- *El desarrollo visual después del nacimiento continúa al menos hasta los 10 años de edad y depende de una estimulación ambiental adecuada.*
- *Un desarrollo visual atípico puede ejercer efectos negativos sobre otras áreas, como el desarrollo social.*



Adquisición del lenguaje en el niño monolingüe y bilingüe

Los bebés que crecen en ambientes bilingües adaptan sus estrategias de aprendizaje lingüístico a las informaciones más ricas que reciben

Adquirir y utilizar el primer idioma es un logro complejo pero sorprendentemente rápido que, no obstante la aparente ausencia de esfuerzo, es resultado de una intrincada variedad de procesos perceptivos y cognitivos. La sensibilidad respecto a los sonidos del habla comienza en la fase prenatal, y los recién nacidos ya muestran algunas capacidades notables en relación con el lenguaje. Son capaces de notar que algunos idiomas tienen un sonido distinto de otros, como en el caso del inglés y el japonés. Al cumplir 5 meses, los niños son sensibles a las diferencias que existen entre idiomas más parecidos, como el holandés y el inglés, o inclusive entre los diferentes dialectos, como el inglés americano y el británico (Kuhl, 2004).

Las investigaciones han revelado que los neonatos son capaces de distinguir todos los sonidos de todos los idiomas del mundo, aunque no los hayan oído nunca antes. Sin embargo, al terminar el primer año de vida, solamente conservan la habilidad de distinguir los sonidos que han oído en las conversaciones de las personas que los rodean (Werker y Tees, 2005). Al llegar a la fase en que empiezan a hablar, ya poseen un conocimiento bastante complejo de la o las lenguas a las que se han visto expuestos, incluido el aprendizaje de muchas palabras (Kuhl, 2009).

Un elevado porcentaje de los bebés de todo el mundo se encuentra expuesto desde el nacimiento a más de un idioma en su ambiente familiar. El bilingüismo temprano tiene efectos a largo plazo en las estructuras cerebrales subyacentes dedicadas al lenguaje y tal vez igualmente en otras habilidades cognitivas. Muchos padres se preocupan, pensando que la exposición al bilingüismo puede “confundir” a sus hijos. Las investigaciones llevadas a cabo con niños pequeños han demostrado fehacientemente que no presenta dificultades el tener que aprender simultáneamente más de un idioma.

Las investigaciones realizadas con neonatos y niños de 4 meses de edad expuestos a idiomas muy diferentes (como el francés y el inglés o el tagalo de las Filipinas y el inglés) o a otros más parecidos (como el español y el catalán, que son dos lenguas romances) revelan que los bebés bilingües muestran capacidades equivalentes en cuanto a discernimiento lingüístico que los bebés monolingües (Sebastián-Gallés, 2010). De hecho, puede suceder que se encuentren en una situación de ligera superioridad. Los niños bilingües también aprenden los sonidos de sus dos idiomas y pueden identificar las primeras palabras al mismo ritmo que los niños monolingües. Es interesante notar que, aunque tienen un nivel de desempeño equivalente, utilizan estrategias diferentes. Los bebés que crecen en ambientes bilingües adaptan sus experiencias de aprendizaje para enfrentar mejor la naturaleza de sus informaciones de doble índole. En su conjunto, las investigaciones llevadas a cabo con bebés destinados a ser bilingües demuestran que no sólo se mantienen a la par de sus homólogos monolingües, sino que los sofisticados mecanismos cerebrales que ponen en funcionamiento para adquirir los dos idiomas tienen la potencialidad de mejorar otros aspectos de su desarrollo cognitivo.

Núria Sebastián-Gallés, Universitat Pompeu Fabra, Barcelona, España

- *La percepción del lenguaje comienza en la fase prenatal y continúa activamente durante los primeros meses de vida.*
- *Los bebés saben mucho del lenguaje antes de pronunciar sus primeras palabras.*
- *Los bebés bilingües no sólo se mantienen a la par de sus homólogos monolingües sino que además revelan una mejor evolución de otros aspectos de su desarrollo cognitivo*



La importancia del sueño para el aprendizaje

El sueño desempeña un papel decisivo en el aprendizaje y la memoria

Se solía pensar que el sueño era un momento en el que el cerebro se tomaba un descanso, dejando de lado las funciones vitales como la respiración. En realidad, algunas partes de nuestro cerebro son más activas durante el sueño que cuando estamos despiertos (Kahn y otros, 1996). Entre la infancia y la edad adulta, pasamos más de una tercera parte de nuestra vida durmiendo, mientras que el cuerpo repone energía y el cerebro reprocesa las experiencias acumuladas durante las horas de la vigilia.

Las investigaciones sobre el cerebro de las aves ofrecen perspectivas importantes acerca del rol del sueño. Los pichones aprenden el canto típico de su especie copiando el canto de la madre. En un estudio (Rauske y otros, 2003), un grupo pichones de pinzones cebrá (diamante mandarín o *taeniopygia guttata*) practicaba su gorjeo transcurriendo después de un período de descanso silencioso durante el cual permanecían despiertos. El segundo grupo también tenía una pausa, pero la utilizaba para dormir. Los pichones que se quedaban despiertos manifestaban una actividad cerebral limitada durante el descanso, mientras que el cerebro de los pichones que dormían era sumamente activo, como si siguiera procesando el canto de su madre. Además, estos pichones aprendían más rápido y con mayor exactitud. Una investigación similar fue llevada a cabo con dos grupos de gatos (Frank y otros, 2001). Ambos recibieron al principio el mismo entrenamiento; luego un grupo durmió 6 horas, mientras que el otro se quedó despierto y recibió 6 horas más de entrenamiento. Sin embargo, el grupo que había tenido la mitad del entrenamiento total, pero había dormido, aprendía mucho mejor que el grupo que recibía entrenamiento doble. Ambos estudios atestiguan el rol vital del sueño para el aprendizaje y la memoria.

Los experimentos con seres humanos han dado resultados parecidos, ya que labores recientes (Fischer y otros, 2007; Backhaus y otros, 2008) subrayan los efectos para el aprendizaje a largo plazo del sueño inclusive en los bebés. Los niños que duermen una siesta antes de que pasen 4 horas de la exposición a un lenguaje artificial recuerdan la estructura gramatical general de ese lenguaje 24 horas más tarde, mientras que los que no duermen no dan muestras de recordar dicho lenguaje (Hupbach y otros, 2009). Estos datos corroboran la tesis según la cual las frecuentes siestas de los bebés desempeñan un papel esencial en la consolidación de conocimientos dentro de la memoria a largo plazo.

Por lo tanto, podemos considerar el sueño no simplemente como un período de descanso, sino también como un proceso cognitivo en el cual las actividades de ciertas regiones cerebrales desempeñan un papel decisivo en el aprendizaje y la memoria a lo largo de la vida (Hill y otros, 2007). Esto indica que los programas de intervención respecto al sueño se podrían utilizar para mejorar el aprendizaje.

Annette Karmiloff-Smith, Centro para el Desarrollo Cerebral y Cognitivo, Birkbeck, Universidad de Londres, Reino Unido

- *Algunas partes del cerebro del bebé están más activas durante el sueño que durante la vigilia.*
- *El sueño es fundamental para consolidar el aprendizaje almacenándolo en la memoria a largo plazo.*
- *Una cantidad adecuada de sueño es importante todo a lo largo de la vida.*



La alimentación y la nutrición en el desarrollo cerebral

Todos los nutrientes necesarios para el desarrollo y el funcionamiento del cerebro del feto durante el embarazo provienen de la ingesta de alimentos por parte de la madre, a través de su torrente sanguíneo y la placenta, al torrente sanguíneo del feto. Después del nacimiento los nutrientes provienen de la leche materna, si ésta amamanta, o de una fórmula para bebés, además de los suplementos alimenticios que se introducen en la dieta del neonato. Los estudios de resultados cognitivos (Benton, 2008) indican claramente que la alimentación temprana modifica las estructuras físicas del cerebro del cual dependen estas funciones, pero las pruebas concluyentes a favor de este argumento escasean. Esto se debe en parte a que los datos provenientes de los estudios llevados a cabo con animales son difíciles de extrapolar para que abarquen a los seres humanos. No existían métodos adecuados para examinar la estructura cerebral humana en seres humanos vivos hasta que los progresos de la representación óptica en la neurociencia hicieron posible ver sutiles cambios estructurales relacionados con la dieta temprana. La mejor demostración de que la alimentación efectivamente causa muchos de esos cambios proviene de estudios por imágenes neurales en experimentos aleatorios controlados, pero hasta el momento son relativamente pocos los que se han efectuado.

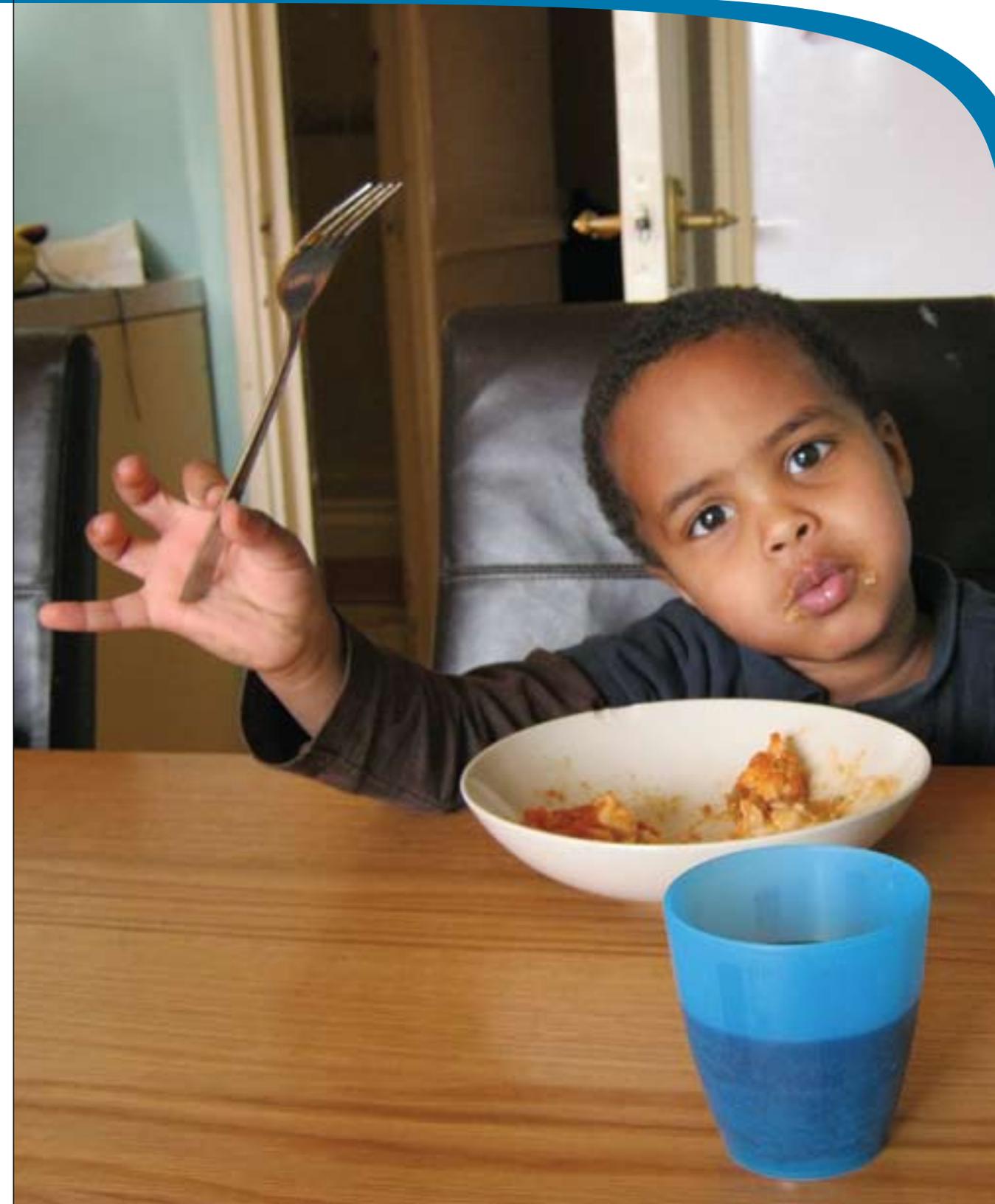
Las investigaciones con animales y los estudios cognitivos han revelado que ciertos micronutrientes (metales y vitaminas) desempeñan roles específicos y decisivos en el desarrollo cerebral (Delange, 2000; Lozoff y Georgieff, 2006). El nivel de hierro, por ejemplo, puede afectar la síntesis de los neurotransmisores, mientras que los ácidos grasos afectan su emisión. Las diferencias en el consumo de macronutrientes (proteínas y calorías) pueden afectar el volumen del núcleo caudado, que es una estructura neural relacionada con el coeficiente intelectual verbal (Isaacs y otros, 2008). Una cuestión clave en la alimentación temprana es el rol de la leche materna en el desarrollo cognitivo: se ha demostrado que un porcentaje mayor de leche materna en la dieta de varones recién nacidos estaba relacionada con un mayor volumen de la materia blanca en el cerebro y con coeficientes intelectuales verbales superiores (Isaacs y otros, 2010). Se ha sugerido que los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga fomentan el desarrollo cognitivo, sobre todo a causa de sus efectos en las membranas neuronales y en la transmisión neural.

Quedan muchas preguntas sin responder sobre cuáles son los factores de la dieta relacionados con un desarrollo cerebral/cognitivo óptimo. Los factores clave son probablemente la dosificación de los nutrientes, la duración de la exposición del niño y su sexo. Puede ser que el mismo nutriente ejerza efectos diferentes en las distintas estructuras en las varias etapas del desarrollo. Algunas estructuras, como el hipocampo y la materia blanca, parecen ser particularmente vulnerables a las deficiencias alimenticias. A pesar de estas complejidades, la dieta es uno de los factores ambientales más fáciles de modificar si, como es de esperar, las promesas de las políticas que fomentan la alimentación adecuada para los niños en los primeros años de vida tendrán un impacto positivo y significativo, una vez que aumenten nuestras bases de conocimientos.

Elizabeth Isaacs, Instituto de Salud Infantil, University College London, Reino Unido

- *Las experiencias indican que un consumo adecuado de micronutrientes es fundamental para el desarrollo del cerebro.*
- *Hacen falta ulteriores investigaciones sobre los efectos específicos de la alimentación en el desarrollo del cerebro.*
- *Dado que la dieta es un factor ambiental que se puede modificar con relativa facilidad, debería ser un foco de atención para las políticas de salud infantil.*

La dieta es una variable ambiental sumamente importante, en particular durante los 2 primeros años de vida y de rápido crecimiento cerebral



Los efectos de privaciones psicosociales tempranas

Las experiencias tempranas y, en particular, las relaciones entre padres e hijos, desempeñan un papel decisivo en el desarrollo cerebral

Nuestra comprensión del desarrollo cerebral ha aumentado de manera exponencial en las últimas décadas. Y, aunque todavía queda mucho por descubrir, ya estamos en condiciones de establecer con gran precisión que las experiencias, y la ubicación temporal de las experiencias, desempeñan un papel decisivo en el desarrollo cerebral.

Un ejemplo es cuando los niños experimentan privaciones psicosociales, como las que se originan en instituciones con normas insatisfactorias de apoyo y atención sociales. En la última década, un grupo de investigadores ha concentrado su atención en tales niños, y sus resultados se pueden resumir de la siguiente manera. En primer lugar, los niños con una historia personal en instituciones muestran un metabolismo cerebral reducido, tanto en la corteza prefrontal como en el lóbulo temporal, y manifiestan trastornos en la materia blanca en varias regiones cerebrales (Chugani y otros, 2001; Eluvanthingal y otros, 2006). En segundo lugar, varios grupos han indicado reducciones significativas del volumen de materia blanca y gris y un aumento relativo de volumen de la amígdala en niños que habían sido institucionalizados (Mehta y otros, 2009; Tottenham y otros, 2011). En tercer lugar, el Proyecto de Intervención Temprana de Bucarest (Nelson y otros, 2009) ha relevado menor actividad cerebral en la corteza de los niños institucionalizados si se los comparaba con niños que no habían sido institucionalizados jamás. Cuando el grupo de prueba del proyecto llegó a los 42 meses de edad, los niños previamente institucionalizados que habían sido colocados en familias adoptivas antes de cumplir 2 años registraban en sus EEG una actividad que se parecía más a la de los niños nunca institucionalizados que a la de los niños institucionalizados; a la edad de 8 años, los niños colocados en familias adoptivas antes de cumplir 2 años registraban en sus EEG una actividad muy parecida a la de los niños nunca institucionalizados, mientras que los niños colocados en familias adoptivas después de cumplir dos años parecían prácticamente idénticos a los niños institucionalizados en ese momento. Por último, los datos de los potenciales relacionados con eventos (PRE) han indicado algunas sutiles perturbaciones del proceso de reconocimiento de rostros y emociones y, como sucede con los datos provenientes de EEG, una reducción drástica de las dimensiones de los varios componentes de los PRE entre los niños institucionalizados antes de ser colocados en familias adoptivas. En las actividades de seguimiento, sin embargo, los niños colocados en familias adoptivas comenzaban a parecerse a los del grupo que jamás había sido institucionalizado (véanse Marshall y otros, 2004, 2008; Parker y otros, 2005a, 2005b; Moulson y otros, 2009a, 2009b; Nelson y otros, 2009; Vandewert y otros, 2010).

En general, estos datos indican la potencia de las experiencias tempranas y, en particular, de las relaciones entre padres e hijos, como factores cruciales para el desarrollo del cerebro.

Charles A. Nelson, Hospital Pediátrico de Boston/Escuela Médica de Harvard y Centro de Desarrollo Infantil de la Universidad de Harvard, Estados Unidos de América

- *Las experiencias y su ubicación temporal desempeñan un papel decisivo en el desarrollo del cerebro.*
- *Las privaciones psicosociales, que pueden ocurrir por ejemplo en el cuidado por parte de instituciones, suelen surtir efectos negativos graves y permanentes en el desarrollo cerebral.*
- *A los niños separados de sus padres, el hecho de ser colocados en una familia adoptiva antes de que cumplan 2 años puede evitarles los retrasos evolutivos que de otra manera surgirían bajo el cuidado por parte de instituciones.*



Maltrato, genética y desarrollo cerebral

Los niños que experimentan malos tratos (abusos de naturaleza sexual, física o emocional, o simplemente abandono) tienen mayores probabilidades de desarrollar problemas psicológicos (Curry y Widom, 2010). Las investigaciones recientes han comenzado a mostrar de qué manera las experiencias adversas en cuanto al cuidado recibido pueden afectar las estructuras y funciones cerebrales, y cómo éstas pueden, a su vez, influir en el desarrollo psicológico y emocional (McCrorry y otros, 2011).

Existen ya pruebas fidedignas de que las adversidades en la infancia están relacionadas con un desarrollo atípico del eje hipotalámico-hipofisario-adrenal (HHA o HPA: *hypothalamic-pituitary-adrenal axis*) que controla la emisión de hormonas del estrés, con pautas de capacidad de respuesta o reducida o exagerada según los informes. Estas pautas también se han puesto en relación con problemas psiquiátricos de la edad adulta, como la depresión y los desórdenes postraumáticos (Heim y otros, 2008).

Se han observado disminuciones de volumen del hipocampo (una estructura clave para el procesamiento de la memoria) en estudios mediante IRM estructural de adultos que habían sufrido abusos cuando eran niños (Woon y Hedges, 2008; Treadway y otros, 2009). En los niños, la experiencia del maltrato se ha puesto en relación con un menor volumen del cuerpo calloso, que es una estructura de materia blanca que conecta los dos hemisferios cerebrales, y un menor volumen de materia gris en la corteza orbitofrontal, que es un área implicada en varios aspectos del procesamiento social (McCrorry y otros, 2011). Existen ciertos casos demostrados de incremento de volumen de la amígdala, pero solamente en niños que han sido sometidos a una institucionalización temprana, una forma más bien extrema de adversidad temprana (Sonuga-Barke, 2009). Los estudios mediante IRM funcional han hallado un aumento de respuestas funcionales en la amígdala, que es una región generalmente conocida como elemento de importancia decisiva en la detección y procesamiento de amenazas. Los niños expuestos a la violencia familiar (ya sea que hayan sufrido abusos físicos ellos mismos o que hayan sido testigos de la violencia doméstica) muestran una mayor activación de la amígdala frente a rostros enfurecidos, pero no frente a rostros tristes. Esto constituye una respuesta hipervigilante a la amenaza social, y encaja perfectamente con los datos psicológicos que indican que los niños víctimas de abusos físicos suelen aprender a prestar automáticamente mayor atención a los indicios de amenazas sociales (McCrorry y otros, 2011).

Sin embargo, los efectos de las adversidades ambientales pueden ser moderados por el genotipo. Actualmente se están acumulando pruebas de que algunos polimorfismos genéticos comunes pueden hacer que ciertos niños maltratados sean más propensos a dar resultados de inadaptación. Es posible que las diferencias estructurales y funcionales a nivel neural hagan que estos niños sean más sensibles a los ambientes emocionales adversos. Otros polimorfismos genéticos pueden resultar protectores en las situaciones adversas, lo que explica por qué inclusive dentro de la misma familia los niños muestran diferencias individuales en sus estrategias para enfrentar las adversidades. Un nuevo terreno para la investigación está ahora empezando a crearse, al indagarse los posibles efectos epigenéticos del cuidado y el maltrato recibidos. En lo específico, los investigadores están estudiando si el maltrato temprano puede llegar a alterar la expresión genética en una etapa sucesiva de la vida del niño (McCrorry y otros, 2010).

Eamon McCrorry, Unidad sobre Riesgos en el Desarrollo y Resiliencia, University College London, Reino Unido

Los malos tratos durante la infancia afectan la estructura y la función del cerebro, con repercusiones para el desarrollo psicológico y emocional del niño



- *Las experiencias adversas en cuanto al cuidado recibido pueden afectar las estructuras y funciones cerebrales e influir en el desarrollo psicológico.*
- *Las variaciones genéticas pueden hacer que algunos niños maltratados sean más propensos a tener resultados de inadaptación, mientras que para otros pueden ser un rasgo protector.*

INTERROGANTES CON INCIDENCIA EN POLÍTICAS



- ◆ ¿Son conscientes los maestros, los cuidadores y otros profesionales del sector de cuáles son los factores que ponen en peligro el desarrollo cerebral de los niños pequeños?
- ◆ ¿Qué sistemas sanitarios públicos existen para mapear e identificar los potenciales riesgos ambientales con efectos negativos para el desarrollo cerebral durante la gestación y la primera infancia? ¿Son adecuados?
- ◆ ¿Existen programas educativos públicos que informen eficazmente a los padres sobre las normas mínimas para el cuidado, la alimentación y el ambiente vital necesarios para evitar que se produzcan daños en el neurodesarrollo?
- ◆ ¿Cuentan los profesionales con una formación suficiente sobre las estrategias útiles para ayudar a los padres a evitar o reducir su estrés “tóxico”?
- ◆ ¿Qué políticas, programas y prácticas se han puesto en funcionamiento para apoyar a las familias que desean mantener relaciones estables y favorables al crecimiento?
- ◆ ¿Tienen los niños adecuadas oportunidades de dormir profundamente y durante períodos de tiempo suficientemente largos, y son conscientes los padres de la importancia del sueño para el desarrollo del cerebro?
- ◆ ¿Existen procedimientos para la protección del niño suficientemente sólidos y sensibles ya en marcha para detectar pronto y resolver rápidamente los casos de abandono y abuso de niños?
- ◆ ¿Cómo puede fomentarse el desarrollo cerebral de los niños como prioridad nacional y comunitaria, tomando en consideración las distintas condiciones de vida, expectativas culturales relacionadas con las madres y los niños, y los recursos necesarios para financiarlos?



Referencias bibliográficas

- Astle, D.E. y Scerif, G. (2011) "Interactions between attention and VSTM: Lessons from developmental and individual differences", *Neuropsychologia*, vol. 49, págs. 1435–45.
- Backhaus, J., Hoeckesfeld, R., Born, J., Hohagen, F. y Junghanns, K. (2008) "Immediate as well as delayed post learning sleep but not wakefulness enhances declarative memory consolidation in children", *Neurobiology of Learning and Memory*, vol. 89, págs. 76–80.
- Banco Mundial (2011) *Aprendizaje para todos: Invertir en los conocimientos y las capacidades de las personas para fomentar el desarrollo* (en inglés: *Learning for All: Investing in people's knowledge and skills to promote development*), Estrategia de Educación 2020 del Grupo del Banco Mundial (World Bank Group Education Strategy 2020). Washington D.C., Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial (International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank); también disponible en línea en: http://siteresources.worldbank.org/EDUCATION/Resources/ESSU/463292-1306181142935/Spanish_Exec_Summary_2020_FINAL.pdf (resumen ejecutivo en español, consultado en abril de 2012) y en: http://siteresources.worldbank.org/EDUCATION/Resources/ESSU/Education_Strategy_4_12_2011.pdf (informe completo en inglés, consultado en abril de 2012).
- Belsky, J. y Pluess, M. (2009) "Beyond diathesis stress: differential susceptibility to environmental influences", *Psychological Bulletin*, vol. 135, págs. 885–908.
- Benton, D. (2008) "The influence of children's diet on their cognition and behaviour", *European Journal of Nutrition*, vol. 47 (Supl. 3), págs. 25–37.
- Black, M.M. (2008) "Effects of vitamin B12 and folate deficiency on brain development in children", *Food and Nutrition Bulletin*, vol. 29, págs. 126–31.
- Chugani, H.T., Behen, M.E., Muzik, O., Juhász, C., Nagy, F. y Chugani, D.C. (2001) "Local brain functional activity following early deprivation: a study of post institutionalized Romanian orphans", *Neuroimage*, vol. 14, págs. 1290–301.
- Conel, J.L. (1939–1967) *The Postnatal Development of the Human Cerebral Cortex*, Cambridge, MA, Harvard University Press.
- Curry, J. y Widom, C.S. (2010) "Long-term consequences of child abuse and neglect on adult economic well-being", *Child Maltreatment*, vol. 15, págs. 111–20.
- Dehaene-Lambertz, G., Dehaene, S. y Hertz-Pannier, L. (2002) "Functional neuroimaging of speech perception in infants", *Science*, vol. 298, págs. 2013–15.
- Delange, F. (2000) "The role of iodine in brain development", *Proceedings of the Nutrition Society*, vol. 59, págs. 75–79.
- Eluvathingal, T.J., Chugani, H.T., Behen, M.E., Juhász, C., Muzik, O., Maqbool, M. y Makki, M. (2006) "Abnormal brain connectivity in children after early severe socioemotional deprivation: a diffusion tensor imaging study", *Pediatrics*, vol. 117, págs. 2093–100.
- Fair, D.A., Cohen, A.L., Power, J.D., Dosenbach, N.U., Church, J.A., Miezin, F.M., Schlaggar, B.L. y Petersen, S.E. (2009) "Functional brain networks develop from a 'local to distributed' organization", *PLoS Computational Biology*, vol. 5, e1000381.
- Fair, D.A., Posner, J., Nagel, B.J., Bathula, D., Dias, T.G., Mills, K.L., Blythe, M.S., Giwa, A., Schmitt, C.F. y Nigg, J.T. (2010) "Atypical default network connectivity in youth with attention-deficit/hyperactivity disorder", *Biological Psychiatry*, vol. 68, págs. 1084–91.
- Farroni, T., Massaccesi, S., Menon, E. y Johnson, M.H. (2007) "Direct gaze modulates face recognition in young infants", *Cognition*, vol. 102, págs. 396–404.
- Fischer, S., Wilhelm, I. y Born, J. (2007) "Developmental differences in sleep's role for implicit off-line learning: comparing children with adults", *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 19, págs. 214–27.
- Fox, S., Levitt, P. y Nelson, C.A. (2010) "How the timing and quality of early experiences influence the development of brain architecture", *Child Development*, vol. 81, págs. 28–40.
- Frank, M.G., Issa, N.P. y Stryker, M.P. (2001) "Sleep enhances plasticity in the developing visual cortex", *Neuron*, vol. 30, págs. 275–87.
- Georgieff, M.K. (2007) "Nutrition and the developing brain: nutrient priorities and measurement", *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 85, págs. 614–20.
- Gervai, J. (2009) "Environmental and genetic influences on early attachment", *Child and Adolescent Psychiatry and Mental Health*, vol. 3, págs. 1–25.
- Gliga, T. y Dehaene-Lambertz, G. (2006) "Structural encoding of body and face in human infants and adults", *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 17, págs. 1328–40.
- Gogtay, N., Giedd, J.N., Lusk, L., Hayashi, K.M., Greenstein, D., Vaituzis, A.C. y otros (2004) "Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood", *Proceedings of the National Academy of Science*, vol. 101, págs. 8174–9.
- Gordon, E.M., Lee, P.S., Maisog, J.M., Foss-Feig, J., Billington, M.E., VanMeter, J. y Vaidya, C.J. (2011) "Strength of default mode resting state connectivity relates to white matter integrity in children", *Developmental Science*, vol. 14, págs. 738–51.
- Gottlieb, G., Wahlsten, D. y Lickliter, R. (1997) "The significance of biology for human development: A developmental psychobiological systems view" en Lerner, R. (ed.), *Handbook of Child Psychology: Vol. 1. Theory* (5ª ed.), Nueva York, Wiley.
- Heim, C.D., Newport, J., Mletzko, T., Miller, A.H. y Nemeroff, C.B. (2008) "The link between childhood trauma and depression: insights from HPA axis studies in humans", *Psychoneuroendocrinology*, vol. 33, págs. 693–710.
- Hill, C.M., Hogan, A.M. y Karmiloff-Smith, A. (2007) "To sleep, perchance to enrich learning?", *Archives of Disease in Childhood*, vol. 92, págs. 637–43.
- Hupbach, A., Gómez, R., Bootzin, R. y Nadel, L. (2009) "Nap-dependent learning in infants", *Developmental Science*, vol. 12, págs. 1007–12.
- Huttenlocher, P.R. (1990) "Morphometric study of human cerebral cortex development", *Neuropsychologia*, vol. 28, págs. 517–27.
- Huttenlocher, P.R. y Dabholkar, A.S. (1997) "Regional differences in synaptogenesis in human cerebral cortex", *Journal of Comparative Neurology*, vol. 387, págs. 167–78.
- Huttenlocher, P.R. y de Courten, C. (1987) "The development of synapses in striate cortex of man", *Human Neurobiology*, vol. 6, págs. 1–9.
- Innocenti, G.M. y Price, D.J. (2005) "Exuberance in the development of cortical networks", *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 6, págs. 955–65.
- Isaacs, E.B., Fischl, B.R., Quinn, B.T., Chong, W.K., Gadian, D.G. y Lucas, A. (2010) "Impact of breast milk on IQ, brain size and white matter development", *Pediatric Research*, vol. 67, págs. 357–62.
- Isaacs, E.B., Gadian, D.G., Sabatini, S., Chong, W.K., Quinn, B.T., Fischl, B. y Lucas A. (2008) "The effect of early human diet on caudate volume and IQ", *Pediatric Research*, vol. 63, págs. 308–14.
- Johnson, M.H. (2011) "Interactive specialization: A domain-general framework for human functional brain development?", *Developmental Cognitive Neuroscience*, vol. 1, págs. 7–21.
- Johnson, M.H., Dziurawiec, S., Ellis, H.D. y Morton J. (1991) "Newborns' preferential tracking of face-like stimuli and its subsequent decline", *Cognition*, vol. 40, págs. 1–19.
- Kahn, A., Dan, B., Groswasser, J., Franco, P. y Sottiaux, M. (1996) "Normal sleep architecture in infants and children", *Journal of Clinical Neurophysiology*, vol. 13, págs. 184–97.
- Kang, H.J., Kawasawa, Y.I., Cheng, F., Zhu, Y., Xu, X., Li, M. y otros (2011) "Spatio-temporal transcriptome of the human brain", *Nature*, vol. 478, págs. 483–89.
- Kuhl, P.K. (2004) "Early language acquisition: cracking the speech code", *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 5, págs. 831–43.
- Kuhl, P.K. (2009) "Early language acquisition: phonetic and word learning, neural substrates, and a theoretical model", en Moore, B., Tyler, L. y Marslen-Wilson, W. (eds.), *The Perception of Speech: From sound to meaning*, Oxford, Oxford University Press.
- Lebel, C. y Beaulieu, C. (2011) "Longitudinal development of human brain wiring continues from childhood into adulthood", *Journal of Neuroscience*, vol. 31, págs. 10937–47.
- Le Grand, R., Mondloch, C. J., Maurer, D. y Brent, H. P. (2001) "Early visual experience and face processing", *Nature*, vol. 410, pág. 890.
- Liddle, E.B., Hollis, C.P., Batty, M.J., Groom, M.J., Totman, J.J., Liotti, M. y otros (2011) "Task-related Default Mode Network modulation and inhibitory control in ADHD: effects of motivation and methylphenidate", *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, vol. 52, págs. 761–71.

- Lloyd-Fox, S., Blasi, A., Volein, A., Everdell, N., Elwell, C.E. y Johnson, M.H. (2009) "Social perception in infancy: a near infrared spectroscopy study", *Child Development*, vol. 80, págs. 986–99.
- Lozoff, B. y Georgieff, M.K. (2006) "Iron deficiency and brain development", *Seminars in Pediatric Neurology*, vol. 13, págs. 158–65.
- McCrary, E., De Brito, S.A. y Viding, E. (2010) "Research review: the neurobiology and genetics of maltreatment and adversity", *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, vol. 51, págs. 1079–95.
- McCrary, E., Stephane, A., De Brito, S.A. y Viding, E. (2011) "The impact of childhood maltreatment: a review of neurobiological and genetic factors", *Frontiers in Psychiatry*, vol. 2, págs. 1–14.
- McEwen, B.S. (1987) "Steroid hormones and brain development: some guidelines for understanding actions of pseudohormones and other toxic agents", *Environmental Health Perspectives*, vol. 74, págs. 177–84.
- Mareschal, D., Johnson, M. y Grayson, A. (2004) "Brain and cognitive development" en Oates, J. y Grayson, A. (eds.) *Cognitive and Language Development in Children*, Oxford, Blackwell Publishing.
- Marshall, P.J., Fox, N.A. y el Grupo Central del Proyecto de Intervención Temprana de Bucarest (Bucharest Early Intervention Project Core Group) (2004) "A comparison of the electroencephalogram between institutionalized and community children in Romania", *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 16, págs. 1327–38.
- Marshall, P., Reeb, B.C., Fox, N.A. y el Grupo Central del Proyecto de Intervención Temprana de Bucarest (Bucharest Early Intervention Project Core Group) (2008) "Effects of early intervention on EEG power and coherence in previously institutionalized children in Romania", *Development and Psychopathology*, vol. 20, págs. 845–59.
- Mehta, M.A., Golemb, N.I., Nosarti, C., Colvert, E., Mota, A., Williams y otros (2009) "Amygdala, hippocampal and corpus callosum size following severe early institutional deprivation: the English and Romanian Adoptees Study Pilot", *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, vol. 50, págs. 943–51.
- Merabet, L.B. y Pascual-Leone, A. (2010) "Neural reorganization following sensory loss: the opportunity of change", *Nature Reviews: Neuroscience*, vol. 11, págs. 44–52.
- Moulson, M.C., Fox, N.A., Zeanah, C.H. y Nelson, C.A. (2009a) "Early adverse experiences and the neurobiology of facial emotion processing", *Developmental Psychology*, vol. 45, págs. 17–30.
- Moulson, M.C., Westerlund, A. y Nelson, C.A. (2009b) "The effects of early experience on face recognition: an event-related potential study of institutionalized children in Romania", *Child Development*, vol. 80, págs. 1039–56.
- Mulder, E.J., Robles de Medina, P.G., Huizink, A.C., Van den Bergh, B.R., Buitelaar, J.K. y Visser, G.H. (2002) "Prenatal maternal stress: effects on pregnancy and the (unborn) child", *Early Human Development*, vol. 70, págs. 3–14.
- National Scientific Council on the Developing Child (Consejo Científico Nacional sobre el Desarrollo del Niño) (2007) *The Timing and Quality of Early Experiences Combine to Shape Brain Architecture*, Working Paper 5, disponible en línea en: <http://www.developingchild.net> (consultado en enero de 2012).
- Nelson, C.A., Furtado, E.A., Fox, N.A. y Zeanah, C.H. (2009) "The deprived human brain", *American Scientist*, vol. 97, págs. 222–9.
- Neville, H.J., Nicol, J.L., Barss, A. y Forster, K.I. (1991) "Syntactically based sentence processing classes: Evidence from event-related brain potentials", *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 3, págs. 151–65.
- Niogi, S.N. y McCandliss B.D. (2006) "Left lateralized white matter microstructure accounts for individual differences in reading ability and disability", *Neuropsychologia*, vol. 44, págs. 2178–88.
- Organización Mundial de la Salud (World Health Organization) (2008) *Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud: Marco para el seguimiento y evaluación de la aplicación de la estrategia mundial* (en inglés: *WHO Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health: A framework to monitor and evaluate implementation*), Ginebra, OMS (WHO).
- Parker, S.W., Nelson, C.A. y el Grupo Central del Proyecto de Intervención Temprana de Bucarest (Bucharest Early Intervention Project Core Group) (2005a) "The impact of early institutional rearing on the ability to discriminate facial expressions of emotion: an event-related potential study", *Child Development*, vol. 76, págs. 54–72.
- Parker, S.W., Nelson, C.A. y el Grupo Central del Proyecto de Intervención Temprana de Bucarest (Bucharest Early Intervention Project Core Group) (2005b) "An event-related potential study of the impact of institutional rearing on face recognition", *Development and Psychopathology*, vol. 17, págs. 621–39.
- Rauske, P.L., Shea, S.D. y Margoliash, D. (2003) "State and neuronal class-dependent reconfiguration in the avian song system", *Journal of Neurophysiology*, vol. 3, págs. 1688–701.
- Sebastián-Gallés, N. (2010) "Bilingual language acquisition: where does the difference lie?", *Human Development*, vol. 53, págs. 245–55.
- Sonuga-Barke, E.J. (2009) "Amygdala, hippocampal and corpus callosum size following severe early institutional deprivation: the English and Romanian Adoptees Study Pilot", *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, vol. 50, págs. 943–51.
- Sowell, E.R., Thompson, P.M., Leonard, C.M., Welcome, S.E., Kan, E. y Toga, A.W. (2004) "Longitudinal mapping of cortical thickness and brain growth in normal children", *Journal of Neuroscience*, vol. 24, págs. 8223–31.
- Stiles, J. (1998) "The effects of early focal brain injury on lateralization of cognitive function", *Current Directions in Psychological Science*, vol. 7, págs. 21–6.
- Stiles, J., Nass, R.D., Levine, S.C., Moses, P. y Reilly, J.S. (2009) "Perinatal stroke: effects and outcomes" en Yeates, K.O., Ris, M.D., Taylor, H.G. y Pennington B. (eds.) *Pediatric Neuropsychology Research, Theory, and Practice* (2ª ed.), Nueva York, The Guildford Press.
- Stollhoff, K. y Schulte, F.J. (1987) "Vitamin B12 and brain development", *European Journal of Pediatrics*, vol. 146, págs. 201–5.
- Supekar, K., Musen, M. y Menon, V. (2009) "Development of large-scale functional brain networks in children", *PLoS Biology*, vol. 7, e1000157.
- Sur, M., Angelucci, A. y Sharma, J. (1999) "Rewiring cortex: the role of patterned activity in development and plasticity of neocortical circuits", *Journal of Neurobiology*, vol. 41, págs. 33–43.
- Sur, M. y Rubenstein J.L. (2005) "Patterning and plasticity of the cerebral cortex", *Science*, vol. 310, págs. 805–10.
- Thompson, P., Cannon, T., Narr, K., van Erp, T., Poutanen, V., Huttunen, M., Lonnqvist, J. y otros (2001) "Genetic influences on brain structure", *Nature Neuroscience*, vol. 4, págs. 83–95.
- Tottenham, N., Hare, T.A., Milner, A., Gihooly, T., Zevin, J. y Casey, B.J. (2011) "Elevated amygdala response to faces following early deprivation", *Developmental Science*, vol. 14, págs. 190–204.
- Treadway, M.T., Grant, M.M., Ding, Z., Hollon, S.D., Gore, J.C. y Shelton, R.C. (2009) "Early adverse events, HPA activity and rostral anterior cingulate volume in MDD", *PLoS ONE*, vol. 4, e4887.
- Walker, S.P., Wachs, T.D., Grantham-McGregor, S., Black, M.M., Nelson, C.A., Huffman, S.L. y otros (2011) "Inequality in early childhood: risk and protective factors for early child development", *The Lancet*, vol. 378, págs. 1325–38.
- Warren, D.H. (1984) *Blindness and Early Childhood Development* (2ª ed.), Nueva York, AFB Press.
- Weisberg, D.S., Keil, F.C., Goodstein, J., Rawson, E. y Gray, J.R. (2008) "The seductive allure of neuroscience explanations", *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 20, págs. 470–7.
- Werker, J.F. y Tees, R.C. (2005) "Speech perception as a window for understanding plasticity and commitment in language systems of the brain", *Developmental Psychobiology*, vol. 46, págs. 233–61.
- Woon, F.L. y Hedges, D.W. (2008) "Hippocampal and amygdala volumes in children and adults with childhood maltreatment-related posttraumatic stress disorder: A meta-analysis", *Hippocampus*, vol. 18, págs. 729–36.
- Wright, I.C., Sham, P., Murray, R.M., Weinberger, D.R. y Bullmore, E.T. (2002) "Genetic contributions to regional variability in human brain structure: methods and preliminary results", *NeuroImage*, vol. 17, págs. 256–71.

Ilustraciones

- Foto de portada – Italia. Beatrice. © John Oates
- Frente a la pág. 1 – Reino Unido. Erin. © John Oates
- pág. 3 – Estructura del cerebro humano. © Open University
- pág. 5 – Localización de las funciones. © Open University
- pág. 7 – Los pilares del cerebro. © Open University
- pág. 9 – Adaptado de *The Postnatal Development of the Human Cerebral Cortex* (Conel, 1935–67).
© President and Fellows of Harvard College
- pág. 11 – Neurotransmisores. © Open University
- pág. 13 – Los caminos de la dopamina y la serotonina. © Open University
- pág. 15 – Hungría. Niños de un Centro Sure Start. © John Oates
- pág. 17 – Uppsala, Suecia. Nellie, de 8 meses, tiene 128 electrodos sobre la cabeza para que los científicos monitoreen la actividad de su cerebro en la Universidad de Uppsala (abril de 2007). El “Laboratorio de los bebés”, como se suele llamar el centro de investigaciones sobre el desarrollo sensorio-motor y cognitivo de los niños, tiene varios proyectos en los que se examinan las funciones cerebrales de los bebés, entre los cuales figura un proyecto destinado a comprender mejor el autismo. © Ke Ericson/Aurora/SpecialistStock
- pág. 19 – Hungría. Armando. © John Oates
- pág. 20 – Dhaka, Bangladesh. Un niño mira a través de un agujero en el portón principal de un edificio, marzo de 2010. © Chandan Robert Rebeiro/Still Pictures
- pág. 23 – Desarrollo del cerebro del feto. © Open University
- pág. 25 – Crecimiento neural y poda sináptica. © Open University
- pág. 27 – Mielinización. © Open University
- pág. 29 – Períodos sensibles. De Abbott, A. (2011) “Brain child”, *Nature*, vol. 478, pág. 443.
- pág. 31 – Representación de una imagen por resonancia magnética funcional de un adulto que muestra mayor actividad en el hemisferio izquierdo del cerebro de las personas cuando escuchan pronunciar frases breves. © 2012 Kate Watkins, Departamento de Psicología Experimental, Universidad de Oxford
- pág. 33 – Hamburgo, Alemania. Un niño extranjero está sentado en la acera y se aburre. © argus/Mike Schroeder/Still Pictures
- pág. 35 – Madre e hija. © Zoonar/Kristina Afanasyeva/SpecialistStock
- pág. 37 – Kabul, Afganistán. Escuela de niñas en Kabul. © Ton Koene/Lineair/Still Pictures
- pág. 39 – Hungría. Helena. © John Oates
- pág. 40 – Bagdad, Irak, Centro Al Rahma para niños abandonados que viven en la calle. Una niña de 12 años mira a través de una sábana rota usada para reemplazar la puerta que había allí antes del saqueo. Como muchas otras niñas, se escapó del hogar de huérfanos después que se produjera un ataque de ladrones poco después que estallara la guerra, pero ahora ha vuelto. © Shehzad Noorani/Still Pictures
- pág. 43 – Reino Unido. Katie. © John Oates
- pág. 45 – Retrato de familia. © Design Pics/Still Pictures
- pág. 47 – Alaska, Estados Unidos de América, Hospital Regional de Alaska SC. Un recién nacido duerme. © Chris Arend/Alaska Stock/SpecialistStock
- pág. 49 – Reino Unido. Niño somalí. © John Oates
- pág. 51 – Irán. En un hogar de huérfanos administrado por la Organización de Bienestar Kerman, Mariam (de aproximadamente 14 meses de edad) se mece constantemente de derecha a izquierda y de izquierda a derecha: una señal de privación. Sufre por la falta de contacto físico y atención. © Shehzad Noorani/Still Pictures
- pág. 53 – Hungría. Niño dejado solo. © John Oates
- pág. 55 – Hungría. Orsi. © John Oates
- Contracubierta – Orlando, Florida, Estados Unidos. Sam Kornylak (5 años) juega con figuras del mar en una manta azul océano en la habitación de un hotel. © Andrew Kornylak/Aurora/SpecialistStock



Esta importante publicación sobre el desarrollo temprano del cerebro humano, desde el momento de la fertilización hasta los primeros años de vida, ha sido escrita por los principales expertos del sector. Se propone ofrecer al diseñador de políticas, al investigador o al profesional que tengan interés los hallazgos clave de la neurociencia y sus consecuencias potenciales para las políticas.

Sarah-Jayne Blakemore, catedrática de neurociencia cognitiva en el Instituto de Neurociencia Cognitiva de la University College London e investigadora universitaria de la Royal Society, Reino Unido

Con el apoyo de:



**Bernard
van Leer**
FOUNDATION

www.bernardvanleer.org



ISBN 978-1-78007-446-7



9 781780 074467 >