

# TODO LO QUE TÚ Y TUS PROFESORES NECESITÁIS SABER SOBRE EL APRENDIZAJE DEL CEREBRO

EDITADO POR: Sabine Peters, Nienke van Atteveldt, Jessica Massonnié  
y Stephan E. Vogel

PUBLICADO EN: Frontiers for Young Minds





# frontiers

## FOR YOUNG MINDS

### Derechos de autor de libro electrónico de Frontiers

Los derechos de autor del texto de cada uno de los artículos de este libro electrónico pertenecen a sus respectivos autores o a sus respectivas instituciones o entidades de financiación. Los derechos de autor de los gráficos e imágenes de cada artículo pueden estar sujetos a derechos de autor de terceros.

En ambos casos, esto está sujeto a una licencia concedida a Frontiers.

Todos los artículos de este libro electrónico y el propio libro electrónico se publican bajo la versión más reciente de la licencia Creative Commons CC-BY.

La versión vigente en la fecha de publicación de este libro electrónico es CC-BY 4.0. Si se actualiza la licencia CC-BY, la licencia concedida por Frontiers se actualiza automáticamente a la nueva versión.

Al utilizar cualquier derecho bajo la licencia CC-BY, Frontiers debe ser reconocido como el editor original del artículo o libro electrónico, según corresponda.

Los autores tienen la responsabilidad de asegurarse de que los gráficos u otros materiales que sean propiedad de terceros puedan incluirse en la licencia CC-BY, pero esto debe verificarse antes de ampararse en la licencia CC-BY para reproducir dichos materiales. Cualquier aviso de derechos de autor relacionado con esos materiales deberá respetarse.

Los avisos de copyright y de mención de la autoría no podrán omitirse y deberán figurar en toda copia, obra derivada o copia parcial que incluya los elementos en cuestión.

Avisos sobre los derechos de autor y el reconocimiento de las fuentes de información no podrán suprimirse y deben incluirse en cualquier copia completa o parcial, y en las obras conexas que incluyan los elementos en cuestión.

Todos los derechos de autor y todos los derechos derivados están protegidos por la legislación nacional e internacional sobre derechos de autor. Lo anterior es solo un resumen.

Para más información, lea las Condiciones de uso del sitio web y la Declaración de derechos de autor de Frontiers, así como la licencia CC-BY aplicable.

ISSN 2296-6846  
ISBN 978-2-8325-2943-0  
DOI 10.3389/978-2-8325-2943-0

### Acerca de Frontiers

Frontiers es algo más que una editorial de acceso abierto a artículos científicos: es un enfoque pionero del mundo académico, que mejora radicalmente la forma en que se gestiona la investigación científica. La gran visión de Frontiers es un mundo en el que todas las personas tengan las mismas oportunidades de buscar, compartir y generar conocimiento. Frontiers ofrece acceso abierto en línea de manera inmediata y permanente a todas sus publicaciones, pero esto por sí solo no basta para alcanzar nuestros grandes objetivos.

### Acerca de Frontiers for Young Minds

*Frontiers for Young Minds* cree que la mejor manera de acercar los descubrimientos científicos de vanguardia al público juvenil es permitir que jóvenes y científicos trabajen juntos para crear artículos que sean a la vez rigurosos e interesantes.

Por esta razón, científicos destacados son invitados a que escriban sobre sus hallazgos más recientes en un lenguaje accesible para jóvenes lectores, y luego son los propios niños y niñas -con la ayuda de un científico mentor- quienes aportan sus comentarios y explican a los autores la mejor manera de mejorar los artículos antes de su publicación.

Como resultado, *Frontiers for Young Minds* ofrece una colección de artículos científicos de libre acceso, escritos por científicos connotados y adaptados al público juvenil gracias a las reflexiones y aportes de sus jóvenes colegas.

### ¿Qué son las colecciones de Frontiers for Young Minds?

Una Colección es una serie de artículos publicados sobre un mismo tema de investigación y revisados por expertos en el área. Esperamos aportar a un mejor entendimiento y comprensión de la ciencia entregando materiales que muestran diferentes perspectivas y resultados en torno a un tema relevante de investigación.

Las colecciones de *Frontiers for Young Minds* ofrecerán a nuestra comunidad internacional de jóvenes pensadores acceso a las investigaciones más recientes y esenciales y, lo que es más importante, alentará a niños, niñas y adolescentes a opinar sobre la forma en que dichas colecciones son percibidas por sus compañeros y el público en general. Todos los artículos se someten a una revisión por pares de acuerdo con los principios de *Frontiers for Young Minds*.

Para más información sobre cómo organizar tu propia colección en Frontiers for Young Minds o contribuir como autor(a), contacta a la Oficina Editorial de Frontiers: **[kids@frontiersin.org](mailto:kids@frontiersin.org)**

# TODO LO QUE TÚ Y TUS PROFESORES NECESITÁIS SABER SOBRE EL APRENDIZAJE DEL CEREBRO

Editores en esta colección:

**Sabine Peters**, Leiden University, Países Bajos

**Nienke van Atteveldt**, Vrije Universiteit Amsterdam, Países Bajos

**Jessica Massonnié**, University College London, Reino Unido

**Stephan E. Vogel**, University of Graz, Austria

Los niños asisten a la escuela para aprender, y el aprendizaje tiene lugar en el cerebro. En el periodo de escolarización formal, el cerebro de un niño o niña aún está experimentando importantes cambios en su desarrollo. Por estas razones, la neurociencia (el estudio del cerebro) y la educación están estrechamente relacionadas. El aprendizaje es posible porque el cerebro es plástico: la plasticidad se refiere a la capacidad del cerebro para reorganizar su estructura y cambiar así la función y el comportamiento.

Pero ¿Qué cambia exactamente en el cerebro cuando aprendemos algo nuevo? ¿Cuáles son las condiciones óptimas para que el cerebro aprenda? ¿Por qué también olvidamos las cosas? ¿Qué cambios de desarrollo se producen en el cerebro durante la infancia y la adolescencia, y en qué se diferencian o asemejan estos procesos a los mecanismos neuronales del aprendizaje y la memoria?

La investigación en el campo de la neuro-imagenología, o “escáner cerebral”, ha acelerado nuestra comprensión actual del desarrollo del cerebro, el aprendizaje, la memoria y otras habilidades relacionadas con la educación escolar, como la lectura y las matemáticas, pero también la creatividad, la metacognición y las emociones y ansiedades relacionadas con el aprendizaje. Pero ¿Qué miden realmente estas técnicas de escáner cerebral? ¿Qué tipo de cuestiones podemos abordar con la neuro-imagen y cuáles son sus limitaciones?

En esta Colección, ofreceremos una descripción general, accesible, de los conocimientos más avanzados sobre los mecanismos del desarrollo cerebral, el aprendizaje y la memoria. La colección ayudará a niños, niñas y adolescentes a comprender cómo aprenden y se desarrollan sus cerebros, y cómo estos procesos están condicionados por su entorno y sus propios esfuerzos. Además, explicaremos por qué es importante que sus profesores y otros profesionales de la educación conozcan el cerebro y los métodos neurocientíficos. Por último, también explicaremos

qué ocurre si circulan ideas erróneas sobre el cerebro o se malinterpretan los conocimientos correctos. Neuro-mitos como “sólo utilizamos el 10% de nuestro cerebro” son persistentes, pero es importante contrarrestarlos explicando por qué son falsos, y qué es cierto en su lugar.

**Agradecimientos:** Los siguientes voluntarios colaboraron en la traducción, revisión y corrección de esta versión en español de la Colección: Laura Peña Silva, Julia Gasull, Ignacio Calvo, Iara Perez, Enrique Morillas, Pablo Torrejón, Mireia Tarrés, y Camila Bravo Lobos.

**Cómo citar este artículo:** Peters, S., van Atteveldt, N., Massonnié, J., Vogel, S. E., eds. (2023). Todo Lo Que Tú Y Tus Profesores Necesitáis Saber Sobre El Aprendizaje Del Cerebro. Lausanne: Frontiers Media SA.  
doi: 10.3389/978-2-8325-2943-0

En los presente textos, el uso del masculino hace referencia a ambos sexos.



# Índice de contenidos

## SECCIÓN 1

### ¿CÓMO APRENDE EL CEREBRO Y POR QUÉ ES NECESARIO SABERLO?

**06    *COMPRENDER EL CEREBRO PARA FACILITAR EL APRENDIZAJE***

Jérémie Blanchette Sarrasin, Lorie-Marlène Brault Foisy,  
Geneviève Allaire-Duquette y Steve Masson

**14    *¿POR QUÉ TU MENTE ES COMO UN TIBURÓN?: LA IDEA DEL  
MUTUALISMO A PRUEBA***

Rogier A. Kievit, Ivan L. Simpson-Kent y Delia Fuhrmann

**22    *APRENDER DE LOS ERRORES: ¿CÓMO LIDIA CON LOS ERRORES EL  
CEREBRO?***

Knut Overbye, Rune Bøen, Rene J. Huster y Christian K. Tamnes

**30    *CÓMO USAR TUS RECUERDOS PARA AYUDARTE A APRENDER COSAS  
NUEVAS***

Marlieke van Kesteren y Martijn Meeter

**37    *¿VALE LA PENA? ¿CÓMO DECIDE ESFORZARSE TU CEREBRO?***

Anne-Wil Kramer, Hilde M. Huizenga, Lydia Krabbendam y  
Anna C. K. van Duijvenvoorde

**45    *EL APRENDIZAJE SOCIAL Y EL CEREBRO: ¿CÓMO APRENDEMOS DE  
OTRAS PERSONAS?***

Bianca Westhoff, Iris J. Koele y Ilse H. van de Groep

## SECCIÓN 2

### NEURO-MITOS: ¡NO TODO LO QUE LEEMOS SOBRE EL APRENDIZAJE Y EL CEREBRO ES CIERTO!

**55    *NEUROMITOS EN EL AULA***

Victoria C. P. Knowland y Michael S. C. Thomas

**64    *ES COMPLICADO: CUANDO SE APRENDE Y ENSEÑA NO SE TRATA DE  
“ESTILOS DE APRENDIZAJE”***

Breanna C. Lawrence, Burcu Yaman Ntelioglou y Todd Milford

## SECCIÓN 3

### CADA VEZ MÁS GRANDE, CADA VEZ MÁS INTELIGENTE: ¿CÓMO SE DESARROLLA EL CEREBRO?

**71    *TU CEREBRO EN LA PUBERTAD***

Marjolein E. A. Barendse, Theresa W. Cheng y Jennifer H. Pfeifer

**79    *EL CEREBRO ADOLESCENTE ES VERDADERAMENTE IMPRESIONANTE***

Kathryn L. Mills y Jeya Anandakumar

## SECCIÓN 4

### ¿CÓMO PODEMOS ADENTRARNOS EN EL APRENDIZAJE CEREBRAL?

**88    *MEDICIÓN DE LAS ONDAS CEREBRALES EN EL AULA***

Nienke van Atteveldt, Tieme W. P. Janssen y Ido Davidesco

**97 USO DE LA LUZ PARA COMPRENDER CÓMO FUNCIONA EL CEREBRO EN EL AULA**

Mojtaba Soltanlou y Christina Artemenko

**104 ESTUDIO DEL CEREBRO LECTOR CON RESONANCIA MAGNÉTICA POR ARTE DE MAGIA**

Nora Maria Raschle, Réka Borbás, Carolyn King y Nadine Gaab

**SECCIÓN 5**

**¿QUÉ HACE TU CEREBRO DURANTE LAS MATEMÁTICAS Y LA LECTURA?**

**112 ¿CUÁNTO ES  $2 \times 4$ ? COMPRENDER CÓMO EL CEREBRO RESUELVE PROBLEMAS ARITMÉTICOS**

Nikolaus Koren, Judith Scheucher y Stephan E. Vogel

**121 HAZ ESPACIO: LA IMPORTANCIA DEL PENSAMIENTO ESPACIAL PARA APRENDER MATEMÁTICAS**

Katie A. Gilligan

**129 CUARENTA Y DOS O DOS Y CUARENTA: APRENDER MATEMÁTICAS EN DIFERENTES IDIOMAS**

Julia Bahnmueller, Hans-Christoph Nuerk y Krzysztof Cipora

**137 ¿CÓMO PODEMOS APRENDER VOCABULARIO EN UNA LENGUA EXTRANJERA MÁS FÁCILMENTE?**

Brian Mathias, Christian Andrä, Katja M. Mayer, Leona Sureth, Andrea Klingebiel, Gesa Hartwigsen, Manuela Macedonia y Katharina von Kriegstein

**SECCIÓN 6**

**COSAS QUE PUEDEN POTENCIAR EL APRENDIZAJE... O DIFICULTARLO**

**147 ¿QUIERES ENTRENAR TU CEREBRO? ¡LEE ESTE ARTÍCULO!**

Dietsje Jolles y Linda Van Leijenhorst

**155 MÚSICA Y APRENDIZAJE: ¿TE HACE LA MÚSICA MÁS INTELIGENTE?**

Gabriella Musacchia y Alexander Khalil

**162 CUANDO ELEGIR NO ESCUCHAR TE AYUDA A ATENDER Y APRENDER**

Angela M. AuBuchon y Ryan W. McCreery

**170 JUEGOS MENTALES: LA TECNOLOGÍA Y EL CEREBRO EN DESARROLLO DE LOS ADOLESCENTES**

Lucía Magis-Weinberg y Estelle L. Berger

**179 CANNABIS Y EL CEREBRO EN APRENDIZAJE**

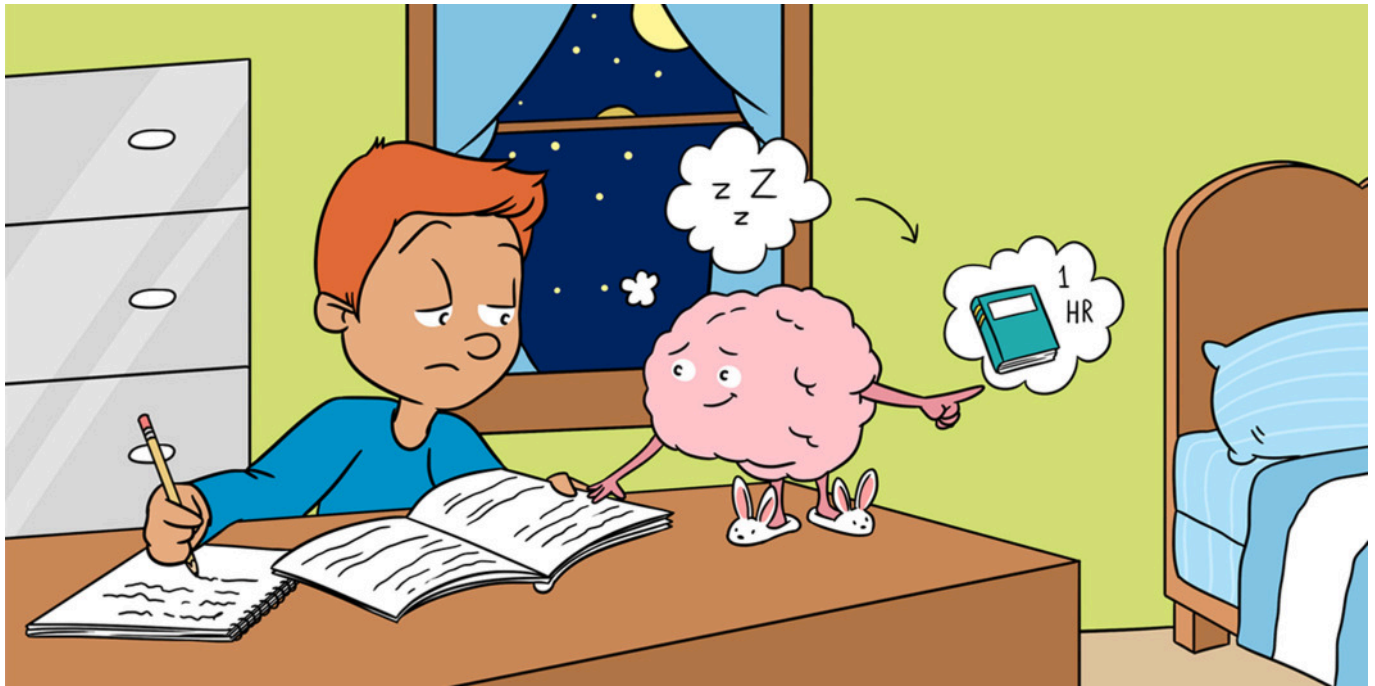
Lana Vedelago, Jillian Halladay, Catharine Munn, Katholiki Georgiades y Michael Amlung

**187 UNA BUENA NOCHE DE DESCANSO: NECESARIA PARA MENTES JÓVENES**

M. Elisabeth Koopman-Verhoeff y Jared M. Saletin

**196 DE LA ZZZ A LA AAA: ¿POR QUÉ EL SUEÑO ES UNA PARTE IMPORTANTE DE TU PLAN DE ESTUDIOS?**

Emma James, Ann-Kathrin Joechner y Beate E. Muehlroth



## COMPRENDER EL CEREBRO PARA FACILITAR EL APRENDIZAJE

Jérémie Blanchette Sarrasin<sup>1,2\*</sup>, Lorie-Marlène Brault Foisy<sup>1,2</sup>, Geneviève Allaire-Duquette<sup>3</sup> y Steve Masson<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Didáctica, Universidad de Quebec en Montreal, Montreal, QC, Canadá

<sup>2</sup>Laboratorio de Investigación en Neuroeducación, Montreal, QC, Canadá

<sup>3</sup>Departamento de Educación Científica, Tecnológica y Matemática, Escuela de Educación Constantiner, Universidad de Tel Aviv, Tel Aviv, Israel

### JÓVENES REVISORES:



DR. H.  
BAVINCK  
SCHOOL  
EIDADES: 8–12



LOCARNO  
HIGH  
SCHOOL  
EIDADES:  
17–18

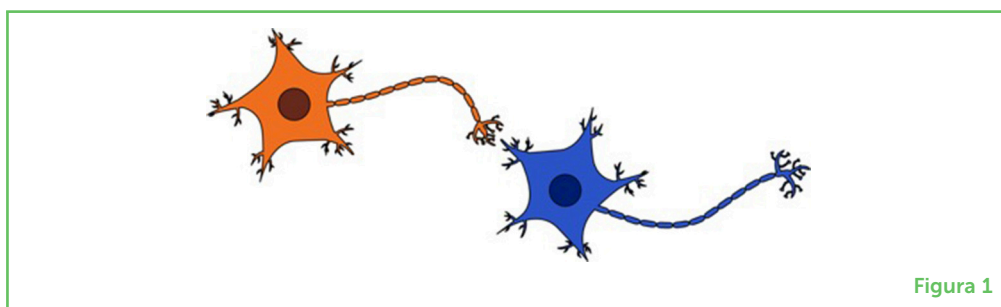
Los últimos años han estado marcados por un gran número de descubrimientos sobre cómo aprende nuestro cerebro. Estos conocimientos pueden ayudar a los profesores a crear un entorno pedagógico propicio para el aprendizaje. Si bien comprender el cerebro puede ser útil para el profesorado, este conocimiento también puede ser beneficioso para ti como estudiante. Por ejemplo, puede animarte a confiar en tu capacidad para mejorar tus propias habilidades. Esta confianza hace que sea más probable que te esfuerces y utilices mejor las estrategias de aprendizaje necesarias [1]. En este artículo, presentamos brevemente algunos principios básicos del cerebro cuando aprende y planteamos estrategias de aprendizaje inspiradas en la neurociencia para que las pruebes en el colegio o en casa.

## ¿QUÉ PASA EN MI CEREBRO CUANDO APRENDO?

Tu cerebro está compuesto en su mayoría por aproximadamente ochenta y cinco mil millones de neuronas, cifra que supera la cantidad de estrellas que puedes ver a simple vista en el cielo nocturno. Una neurona es una célula que actúa como mensajera y envía información en forma de impulsos nerviosos (como señales eléctricas) a otras neuronas (véase la [Figura 1](#)). Por ejemplo, cuando escribes, algunas neuronas de tu cerebro envían el mensaje de “mover dedos” a otras neuronas, y este mensaje viaja por los nervios (como si fuesen cables) hasta los dedos. Las señales eléctricas que se comunican de una neurona a otra son, por lo tanto, las que te permiten hacer todo lo que haces, es decir, escribir, pensar, ver, saltar, hablar, calcular, entre otras cosas. Cada neurona puede estar conectada con hasta diez mil neuronas más, lo que da lugar a una gran cantidad de conexiones en el cerebro [2], similar a una telaraña muy densa (véase la [Figura 2](#)).

**Figura 1**

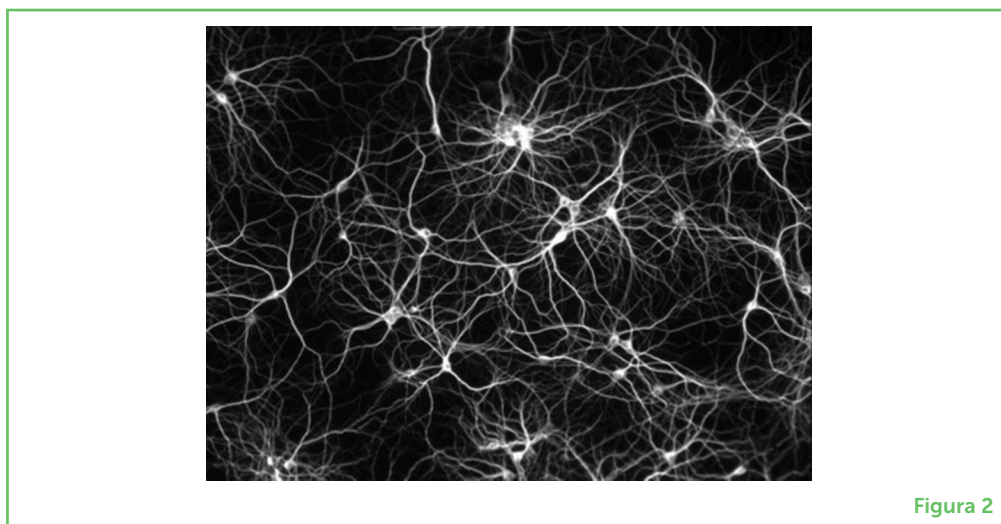
Figura que muestra dos neuronas conectadas.



**Figura 1**

**Figura 2**

Figura que muestra la gran cantidad de conexiones entre las neuronas.



**Figura 2**

### NEUROPLASTICIDAD

Capacidad del cerebro para modificar, es decir, para crear, fortalecer, debilitar o desmontar conexiones entre las neuronas.

Cuando estás aprendiendo, se producen cambios importantes en tu cerebro, incluida la creación de nuevas conexiones entre las neuronas. Este fenómeno se llama **neuroplasticidad**. Cuanto más practicas, más fuertes se hacen estas conexiones. A medida que las conexiones se fortalecen, los mensajes (impulsos nerviosos) se transmiten cada vez más rápido, lo que los hace más eficientes [3]. Así es como mejoras en todo lo que aprendes, ya sea jugar al fútbol, leer, dibujar, entre otros.

Las conexiones entre tus neuronas pueden compararse con senderos de un bosque (véase la **Figura 3**).

### Figura 3

Figura que muestra la analogía del sendero del bosque.



Figura 3

Caminar por el bosque sin un sendero es difícil porque tienes que apartar la vegetación y las ramas del camino para abrirte paso. No obstante, cuanto más utilices el mismo sendero, más fácil y práctico se hará. En cambio, si dejas de usarlo, la vegetación volverá a crecer, y el sendero acabará desapareciendo. Algo muy similar sucede en el cerebro: cuando dejas de practicar algo, las conexiones entre las neuronas se debilitan y, en última instancia, pueden desmontarse o cortarse. Por eso resulta tan difícil empezar a leer cuando comienzan las clases si no has leído nada en todo el verano. Sin embargo, es posible que algunas redes neuronales se hagan tan fuertes que los senderos o conexiones nunca desaparezcan por completo.

El hecho de que el aprendizaje altera las conexiones entre las neuronas muestra lo dinámico (plástico) que es el cerebro, es decir, cambia y no permanece fijo. Practicar o ensayar repetidamente activa las neuronas y te hace aprender. Estos cambios se producen desde que el bebé está en el útero de la madre y continúan a lo largo de toda su vida. Entonces, la pregunta es ¿cómo puedes ayudar a tus neuronas a crear y fortalecer sus conexiones? A continuación, presentamos dos estrategias que parecen ser más compatibles con el funcionamiento del cerebro y podrían ayudarte a aprender mejor.



## ¿QUÉ ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE SON MÁS COMPATIBLES CON EL CEREBRO?

### ACTIVACIÓN REPETIDA DE NEURONAS

Practicar mucho e intentar recuperar información de la memoria, por ejemplo, explicar un concepto a un amigo o responder preguntas de un cuestionario.

#### Estrategia 1: Activación repetida de neuronas

Dado que las conexiones entre las neuronas deben activarse varias veces para hacerse más fuertes y eficientes, una primera y crucial estrategia es activarlas repetidamente. Esto significa que para aprender, por ejemplo, las tablas de multiplicar, tienes que practicarlas una y otra vez hasta abrir el “sendero” entre tus neuronas. Cuando eras un bebé, no aprendiste a hablar o caminar en un solo día; practicaste mucho. Sin embargo, es importante tener en cuenta que no basta con leer o echar un vistazo a las tablas para conectar las neuronas, lo cual puede resultar incluso bastante aburrido y poco atractivo. Para crear conexiones entre neuronas, necesitas recuperar las tablas de multiplicar de la memoria. En otras palabras, debes intentar recordar la respuesta por ti mismo para activar las conexiones. No decimos que sea fácil. Sin embargo, los científicos piensan que esta “lucha” mejora el aprendizaje, porque el desafío es una indicación de que se están estableciendo nuevas conexiones. Recuerda que aprender algo nuevo es como caminar por el bosque sin un sendero específico; probablemente caminarás despacio al principio, pero si continuas, los senderos comenzarán a formarse y llegarás a recorrer caminos bien transitados. Además, intentar recordar lo que has aprendido y cometer un error puede ayudarte a identificar las lagunas de tu aprendizaje e indicarte en qué camino debes trabajar aún más.

Los científicos también han comprobado que realizar pruebas o exámenes puede ayudarte a recordar la información mejor que solo estudiar [4]. Por ejemplo, si estudias las tablas de multiplicar y las intercalas con períodos de prueba, probablemente obtendrás mejores resultados en el examen final que si solo hubieras estudiado. ¿Por qué? Los exámenes requieren que recuperes la información de las neuronas en las que se almacena la información, activando así las conexiones y contribuyendo a su fortalecimiento. Por lo tanto, se trata de practicar la recuperación de una manera que te resulte atractiva. Existen diferentes estrategias que puedes probar en casa, por ejemplo, responder preguntas prácticas o utilizar fichas nemotécnicas. Estos métodos perfeccionan el aprendizaje más que volver a leer o atender en clase (siempre y cuando no gires la ficha nemotécnica antes de recordar la respuesta). Otras estrategias consisten en preparar preguntas para un compañero de clase o tus padres, así como volver a hacer las pruebas o los ejercicios. Utiliza la imaginación. Recuerda que para que las neuronas fortalezcan sus conexiones, primero debes recuperar la información y evitar simplemente leer o escuchar la respuesta. En segundo lugar, planifica una forma de obtener la información necesaria para saber si la respuesta es correcta o incorrecta. No te desanimes si encuentras dificultades. Se trata de un paso natural del proceso de aprendizaje que sucede en tu cerebro.

## ESPACIAR LA ACTIVACIÓN DE LAS NEURONAS

Practicar con mayor frecuencia, pero durante periodos más cortos. Por ejemplo, en lugar de estudiar dos horas seguidas, estudiar 4 periodos de treinta minutos durante unos días permite que tu cerebro tome descansos y duerma, lo que te ayuda a recordar mejor a largo plazo.

### Estrategia 2: Espaciar la activación de las neuronas

Ahora que ya sabes que las neuronas deben activarse repetidamente para que se produzca el aprendizaje (y que esto significa recuperar información), probablemente te estés preguntando con qué frecuencia deberías practicar. Los científicos que estudian el cerebro mientras aprende han observado que los descansos y el sueño entre periodos de aprendizaje mejoran el aprendizaje y disminuyen el olvido [5]. Por lo tanto, es mejor espaciar los periodos de estudio que practicar de manera incesante (practicar mucho tiempo sin descanso). Por ejemplo, en lugar de estudiar o hacer una tarea durante tres horas, que probablemente te dejará agotado de todos modos, puedes dividir este periodo de aprendizaje en tres partes de una hora, o incluso en seis partes de media hora cada una.

En resumen, al espaciar las horas de estudio, permites que tu cerebro afiance las conexiones fortalecidas en las sesiones de práctica. Un breve descanso durante el estudio, digamos de veinte minutos, permite mantener o reemplazar los receptores de la superficie de las neuronas. Estos receptores son como enchufes eléctricos que reciben el impulso nervioso (señales eléctricas) de otras neuronas. Hacer una pausa les ayuda a trabajar mejor, con lo que las neuronas pueden transmitir sus impulsos nerviosos más fácilmente a otras neuronas. Por último, cuando duermes una noche entre dos sesiones de práctica, en realidad obtienes una sesión de práctica de recuperación gratuita, pues, mientras duermes, tu cerebro reactiva las conexiones entre las neuronas que activaste durante el día. Lo mismo sucede cuando echas una cabezada. La próxima vez que tengas sueño en clase, dile al profesor que en realidad estás tratando de practicar la recuperación de la memoria. En resumen, al espaciar el aprendizaje, y especialmente la práctica de recuperación, el cerebro está más activo que cuando estudias todo en una sesión prolongada.

Es probable que ahora te estés preguntando cómo espaciar el aprendizaje en la vida diaria. La buena noticia es que hay varias formas de hacerlo y se puede adaptar fácilmente a diferentes habilidades, como resolver problemas de matemáticas o memorizar definiciones. El cambio más obvio que puedes hacer en tu plan de estudio es dividir las sesiones en periodos más cortos. También puedes pedirle al maestro que realice evaluaciones diarias o semanales y otras tareas. Finalmente, el espaciado se puede hacer con la práctica intercalada. Se trata de plantear una serie de problemas de tal manera que los problemas siguientes no se puedan resolver siguiendo la misma estrategia. Por ejemplo, puedes mezclar problemas de matemáticas de modo que las preguntas de geometría o álgebra o los problemas de desigualdades se ordenen aleatoriamente. Otro beneficio del intercalado es que permite hacer distintas actividades en dos sesiones, con el consiguiente ahorro de tiempo. En resumen, hay que tener en cuenta que volver a aprender algo requerirá menos esfuerzo si ya se ha aprendido previamente, ya que la distancia da tiempo a tu cerebro

para consolidarse, lo que significa que el cerebro produce los bloques necesarios para las conexiones entre las neuronas.

## CONCLUSIÓN

El cerebro es el lugar donde se produce el aprendizaje y, por lo tanto, debes mantener activas las neuronas para optimizar el tiempo de clase o estudio. Las dos estrategias de aprendizaje propuestas en este artículo pueden ayudarte a aprender mejor creando las condiciones óptimas para fortalecer y consolidar las conexiones entre las neuronas. Ahora ya sabes que puedes mejorar si caminas repetidamente por los “senderos” de tu cerebro y espacias las sesiones de estudio. Esta mejor comprensión de cómo aprende tu cerebro y el uso de las estrategias de aprendizaje de apoyo te permitirán ahora ayudar a tu cerebro a aprender mejor.

## AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer de todo corazón a quienes ayudaron en la traducción de los artículos de esta colección para hacerlos más accesibles a los niños fuera de los países de habla inglesa, y a la Fundación Jacobs por proporcionar los fondos necesarios para traducir los artículos.

## REFERENCIAS

1. Blanchette Sarasin, J., Nenciovici, L., Brault Foisy, L.-M., Allaire-Duquette, G., Riopel, M., and Masson, S. 2018. Effects of inducing a growth mindset in students by teaching the concept of neuroplasticity on motivation, achievement, and brain activity: a meta-analysis. *Trends Neurosci. Educ.* 12:22–31. doi: 10.1016/j.tine.2018.07.003
2. Rossi, S., Lanoë, C., Poirel, N., Pineau, A., Houdé, O., and Lubin, A. 2015. When I met my brain: participating in a neuroimaging study influences children's naive mind-brain conceptions. *Trends Neurosci. Educ.* 4:92–7. doi: 10.1016/j.tine.2015.07.001
3. Kania, B. F., Wronska, D., and Zieba, D. 2017. Introduction to neural plasticity mechanism. *J. Behav. Brain Sci.* 7:41–8. doi: 10.4236/jbbs.2017.72005
4. Zaromb, F. M., and Roediger, H. L. 2010. The testing effect in free recall is associated with enhanced organizational processes. *Mem. Cogn.* 38:995–1008. doi: 10.3758/MC.38.8.995
5. Callan, D. E., and Schweighofer, N. 2010. Neural correlates of the spacing effect in explicit verbal semantic encoding support the deficient-processing theory. *Hum. Brain Mapp.* 31:645–59. doi: 10.1002/hbm.20894

**EDITOR:** Nienke Van Atteveldt

**MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS:** Serena Petrocchi



**CITACIÓN:** Blanchette Sarrasin J, Brault Foisy L-M, Allaire-Duquette G y Masson S (2023) Comprender el cerebro para facilitar el aprendizaje. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00054-es

**TRADUCIDO Y ADAPTADO DE:** Blanchette Sarrasin J, Brault Foisy L-M, Allaire-Duquette G and Masson S (2020) Understanding Your Brain to Help You Learn Better. *Front. Young Minds* 8:54. doi: 10.3389/frym.2020.00054

**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2023 Blanchette Sarrasin, Brault Foisy, Allaire-Duquette y Masson. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

## JÓVENES REVISORES

### DR. H. BAVINCKSCHOOL, EDADES: 8–12

Representamos a las clases de Spectrum 5–6 y 7–8 de la Bavinckschool de Haarlem, Países Bajos. Somos un grupo de cuarenta niños (diecinueve en el grupo 5–6 y veintiuno en el grupo 7–8) que están impacientes por aprender un poco más de lo que el programa escolar ofrece. Nos hemos divertido mucho revisando los artículos para FYM con gran concentración y entusiasmo y hemos hecho una evaluación crítica. Realmente hemos disfrutado contribuyendo a la ciencia y ayudando.

### LOCARNO HIGH SCHOOL, EDADES: 17–18

¡HOLA! Somos dos clases de la Locarno High School en Suiza. Estudiamos química y biología. Estamos en el último año de bachillerato y nos estamos preparando para los exámenes finales, que comenzarán en dos meses. Ha sido una gran experiencia analizar el artículo, y estamos agradecidos por la tarea que se nos ha confiado. Gracias a ello, hemos podido dar nuestra opinión sobre un texto científico en inglés (que no es nuestra lengua materna). Nos hemos sentido realmente capacitados.

## AUTORES

### JÉRÉMIE BLANCHETTE SARRASIN

Soy una estudiante de doctorado de la Universidad de Quebec en Montreal. Estudio cómo aprende el cerebro y cómo se puede aprovechar este conocimiento para fomentar prácticas de enseñanza más compatibles con el cerebro en aprendizaje.



En realidad, mi investigación se centra en enseñar a los estudiantes cómo aprende su cerebro para ayudarlos a estudiar mejor. \*[blanchette\\_sarasin.jeremie@uqam.ca](mailto:blanchette_sarasin.jeremie@uqam.ca)



### LORIE-MARLÈNE BRAULT FOISY

Soy profesora de la Universidad de Quebec en Montreal (UQAM). Después de estudiar para ser profesora de primaria, decidí que quería saber más sobre cómo aprenden los niños. Por eso investigo en el campo de la educación. Considero que es importante comprender mejor lo que sucede en el cerebro de los niños cuando aprenden cosas diferentes (por ejemplo, lectura o ciencias). Si entendemos mejor cómo aprende su cerebro, tendremos más pistas para enseñar mejor.



### GENEVIÈVE ALLAIRE-DUQUETTE

Soy una becaria postdoctoral de la Escuela de Educación Constantiner de la Universidad de Tel Aviv. Mi investigación y enseñanza se centran en el estudio interdisciplinario del aprendizaje, el desarrollo y la enseñanza en el ser humano, es decir, la mente, el cerebro y la educación (MCE). En mi trabajo actual, intento comprender mejor los mecanismos del razonamiento en las ciencias y las matemáticas utilizando métodos de neurociencia cognitiva.



### STEVE MASSON

Soy profesor de la Universidad de Quebec de Montreal. Con una herramienta llamada resonancia magnética, observo dentro del cerebro para ver qué cambia cuando los estudiantes aprenden en la escuela. A veces incluso miro si la forma en que los profesores enseñan influye en lo que cambia en el cerebro de los estudiantes cuando aprenden. ¡Es genial!

### Spanish version provided by

Versión en español por





## ¿POR QUÉ TU MENTE ES COMO UN TIBURÓN?: LA IDEA DEL MUTUALISMO A PRUEBA

Rogier A. Kievit<sup>1\*</sup>, Ivan L. Simpson-Kent<sup>1</sup> y Delia Fuhrmann<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Unidad de Cognición y Neurociencias MRC, Universidad de Cambridge, Cambridge, Reino Unido

<sup>2</sup>Departamento de Psicología, Instituto de Psiquiatría, Psicología y Neurociencia; King's College, Londres, Reino Unido

### JÓVENES REVISORES:



AIDAN  
EDAD: 9



DANIELA  
EDAD: 10



LEIMINA  
EDAD: 11



LUCIE  
EDAD: 11

Queremos comprender cómo es que los niños mejoran en gran medida en ciertas habilidades cognitivas como leer, escribir y resolver problemas a medida que crecen. Para comprenderlo mejor, hicimos un seguimiento de cientos de niños a lo largo de un período de años, para ver cómo habilidades como la resolución de problemas y el vocabulario cambiaban con el tiempo. Encontramos que el tener buen vocabulario desde un comienzo hizo que la resolución de problemas de los niños se desarrollara más rápidamente. También funcionó al revés, es decir, ser mejor en la resolución de problemas significaba que los niños aprendían palabras nuevas más rápido. En otras palabras, toda habilidad cognitiva puede ayudar a desarrollar otras habilidades. Esta idea se llama *mutualismo*. Estuvimos muy entusiasmados con este descubrimiento, pues puede ayudarnos a comprender cómo los niños mejoran en cosas que nunca practican directamente y cómo los maestros pueden ayudar mejor a los niños que encuentran ciertos temas escolares más difíciles.

## MUTUALISMO

Es la idea de que las diferentes habilidades cognitivas (como cuántas palabras conoces y qué tan bien puedes resolver problemas) en realidad se ayudan mutuamente a desarrollarse con el tiempo.

### Figura 1

Una rémora montada en un tiburón limón (fuente: Albert Kok, wikimedia).

## COGNITIVO

La palabra "cognitivo" es un término que los científicos usan para referirse a procesos mentales como pensar, razonar, recordar y resolver problemas.

## VOCABULARIO

Significa de cuántas palabras conoces el significado.

## LO QUE NOS PUEDEN ENSEÑAR LOS ANIMALES SOBRE NUESTRAS MENTES

Una de las vistas más extrañas de la naturaleza se puede encontrar frente a la costa de Australia; pequeños peces, llamados rémoras, se adhieren a los tiburones mediante una ventosa en sus cabezas (Figura 1, la imagen del tiburón). ¿Por qué el tiburón no se come a la rémora? De hecho, ¿por qué la rémora se acerca al tiburón? Resulta que ambos animales se benefician de este arreglo. La rémora come los parásitos y la piel muerta del tiburón, lo que ayuda a que el tiburón se mantenga limpio y saludable. A cambio, la rémora puede viajar gratis a través de los océanos, se come las sobras que quedan después de la comida del tiburón y está protegida de otros depredadores que no se acercarían al tiburón. ¡Todos ganan! Este fenómeno en el que ambas especies se benefician se llama **mutualismo**. Recientemente, los científicos han utilizado la idea del mutualismo para comprender algo que parece, a primera vista, completamente diferente: el aprendizaje humano.

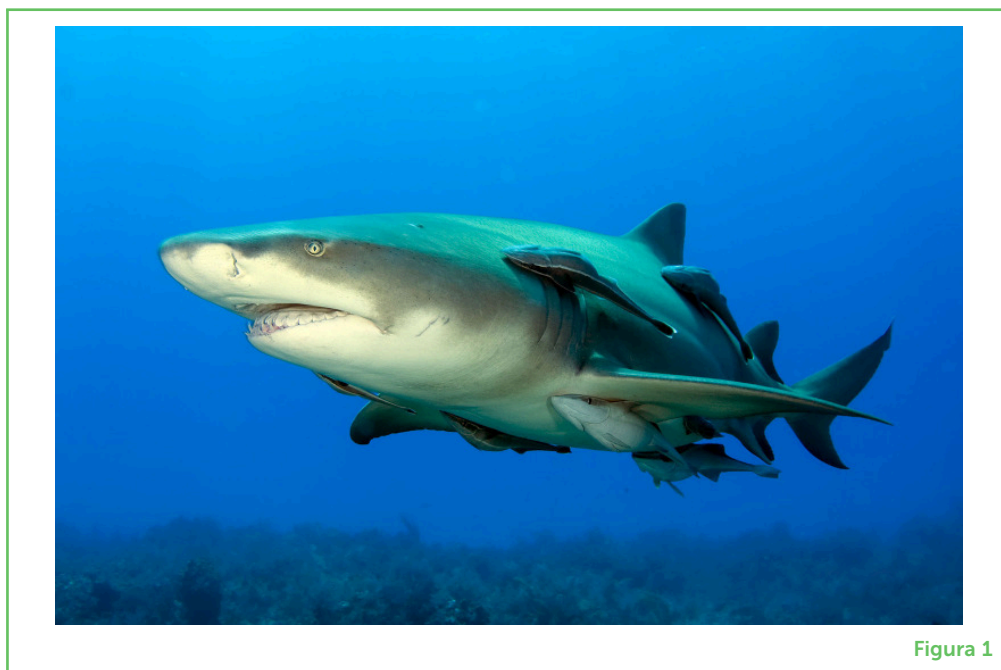


Figura 1

## ¿QUÉ ES EL MUTUALISMO?

Siempre que intentas resolver un problema, en la escuela o en otro lugar, utilizas lo que los psicólogos llaman *habilidades cognitivas*. Las habilidades cognitivas son cosas como la memoria (cómo de bien puedes recordar cosas del pasado), el **vocabulario** (cuántas palabras sabes) y el razonamiento (cómo de bien resuelves problemas). Muchas cosas que haces y aprendes en la escuela dependen de las habilidades cognitivas. El vocabulario, por ejemplo, es un componente muy importante del lenguaje, así como otras habilidades. Por ejemplo,

utilizas tu vocabulario cuando te presentas para un trabajo, cuentas una historia o escribes un mensaje a un amigo.

Normalmente, los científicos estudian diferentes habilidades cognitivas por separado, al igual que tú estudias muchas materias diferentes en la escuela. Sin embargo, en algunos estudios recientes, los científicos han descubierto conexiones interesantes *entre* las habilidades cognitivas. Resulta que, en lugar de ser habilidades completamente separadas, las habilidades cognitivas se comportan un poco como los tiburones y las rémoras, es decir, se ayudan mutuamente a crecer a lo largo del tiempo. Como puedes ver en la **Figura 2** (véase la imagen con las flechas dispuestas en un círculo), tu vocabulario no sólo es útil para mejorar las habilidades del lenguaje, sino que también puede ayudar al razonamiento, lo que, a su vez, puede ayudar a las habilidades matemáticas, que pueden ayudar al vocabulario. Esta idea se llama *mutualismo de habilidades cognitivas* [1].

### Figura 2

La idea del mutualismo: diferentes habilidades cognitivas se ayudan mutuamente a crecer con el tiempo.  
Reasoning = Razonamiento,  
Vocabulary = Vocabulario,  
Mathematics = Matemáticas.

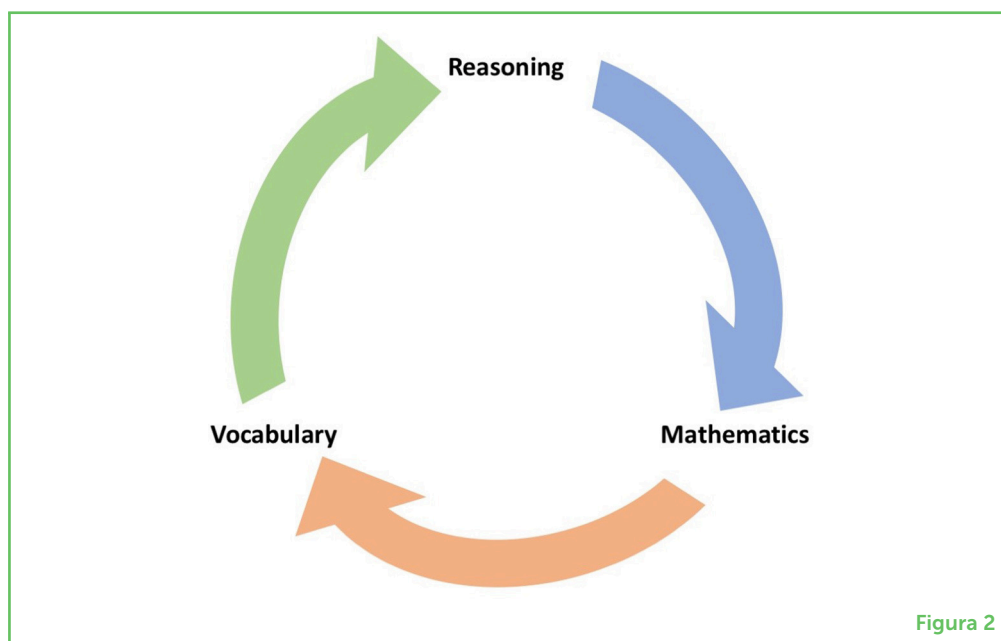


Figura 2

### ¿Cómo se puede poner a prueba la idea del mutualismo?

Para probar la idea de mutualismo, hicimos un seguimiento de 800 jóvenes (de 14 a 24 años) a lo largo del tiempo y medimos su vocabulario y sus habilidades de razonamiento [2]. En la **Figura 3** puedes ver cómo eran las pruebas de vocabulario y razonamiento. En la prueba de vocabulario, pedimos a nuestros jóvenes que señalaran un cono (entre otras formas), o que explicaran qué significa una palabra como "entusiasta". Para la tarea de razonamiento, pedimos a los jóvenes que completaran la pieza del rompecabezas que faltaba (pista: cuenta las formas de izquierda a derecha en cada fila). En nuestro estudio, los niños y adolescentes realizaron estas pruebas dos veces, con una diferencia de aproximadamente 1,5 años.

### Figura 3

Un ejemplo de una prueba de vocabulario (vocabulary test) (izquierda) y una prueba de razonamiento (reasoning test) (derecha) que se utilizan para estudiar el mutualismo de las habilidades cognitivas. What does 'enthusiastic' mean? = ¿Qué significa "entusiasta"? Which shape... = ¿Cuál de estas formas es un cono? Which one belongs... = ¿Qué dibujo debería estar en el cuadrado vacío?

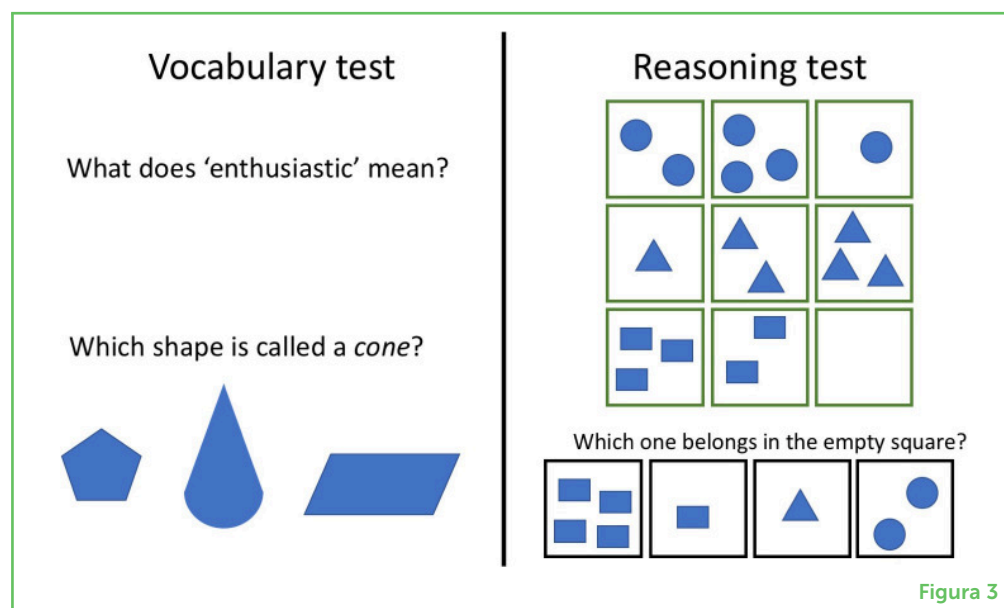


Figura 3

Hemos encontrado que los niños y los adolescentes mejoraron un poco en el vocabulario y el razonamiento con el tiempo, al igual que tú mejoras en la mayoría de las cosas a medida que creces. Sin embargo, lo más importante es que tuvimos la evidencia del mutualismo de habilidades cognitivas. Resulta que tener un buen vocabulario al comienzo hace que sea más probable que mejore el razonamiento, mientras que tener buenas habilidades de razonamiento al comienzo ayudó a aprender más palabras más rápidamente. Al igual que tener un buen equilibrio o ser capaz de correr puede ayudarte a mejorar en deportes como el fútbol o el tenis, tener un buen vocabulario y razonamiento también puede ayudarte a desarrollar otras habilidades cognitivas. Para averiguar si este hallazgo era confiable, probamos la idea del mutualismo en un grupo separado de jóvenes, esta vez mucho más jóvenes (6-8 años). Efectivamente, nuevamente encontramos que los niños con mejores habilidades de razonamiento lograron mejoras más rápidas en el vocabulario, y viceversa [3].

## ¿CÓMO PUEDE AYUDARTE EL MUTUALISMO EN EL COLEGIO?

¿Por qué podría ayudarte comprender la idea del mutualismo cognitivo? Bueno, hay varias razones. Por ejemplo, puede ayudarte a comprender lo que sucede cuando aprendes en el colegio. Dos científicos, Stuart Ritchie y Elliot Tucker-Drob, utilizaron datos de más de 600.000 personas [4] y descubrieron que ir a la escuela mejora las pruebas cognitivas, como las pruebas de coeficiente intelectual. Esto es bastante impresionante, dado que la mayoría de estas pruebas nunca se enseñaron directamente en la escuela. Sus hallazgos sugieren que ir al colegio te hace más inteligente, incluso en cosas que no aprendes directamente. Esto es similar al mutualismo, es decir, tener buenos "bloques de construcción" puede



permitir que una variedad de habilidades cognitivas se desarrolle más rápidamente.

Comprender el mutualismo también es útil cuando tienes dificultades en la escuela. Digamos que tienes dificultades con las matemáticas y no estás seguro de cómo mejorar. Según el mutualismo, podría ser que mejorar en una habilidad cognitiva (como el vocabulario) pudiera ayudarte a mejorar en otras habilidades cognitivas, incluida la que encuentras más difícil (como las matemáticas), incluso si parecen no estar relacionadas. Así que todavía no te des por vencido en matemáticas. Trabajar en otra cosa, como la lectura, podría ayudarte a mejorar tus calificaciones en matemáticas en el futuro, lo que a su vez podría ayudarte a mejorar tus calificaciones en inglés, y ello podría mejorar tus calificaciones en matemáticas, y así sucesivamente.

Incluso hay un nuevo estudio que muestra precisamente lo anterior, pues ser un poco mejor en lectura ayudó a los niños a mejorar sus habilidades de multiplicación con el tiempo [5]. Por lo tanto, ser bueno en una materia escolar en particular no sólo es bueno por sí solo, sino que ser bueno en cualquier materia puede ayudarte a adquirir muchas otras habilidades más fácilmente.

## ¿QUÉ APRENDIMOS SOBRE NUESTRAS MENTES?

Lo que muestra nuestra investigación sobre el mutualismo es que la mente es un poco como el tiburón y la rémora, es decir, diferentes habilidades, como el vocabulario y la resolución de problemas, en realidad se ayudan mutuamente a crecer con el tiempo. Puedes pensar sobre el mutualismo como una regla básica del aprendizaje, tanto dentro como fuera del aula. El mutualismo muestra la importancia de establecer conexiones. Tanto tú como tus maestros pueden encontrar útil conectar diferentes temas y materias. ¿Cuáles son los vínculos entre ellos y cómo puedes usar lo que aprendiste en matemáticas para comprender la biología? Pensar y formar estas conexiones entre temas puede ayudarte a aprovechar al máximo tu tiempo en el colegio. Quizás aprender sobre el mutualismo puede incluso hacerte pensar un poco diferente sobre temas en la escuela. Es importante no solo estudiar mucho, sino también lo más ampliamente que puedas. ¡Nunca se sabe qué beneficios potenciales tendrá el aprendizaje de una habilidad sobre las demás!

El mutualismo es un campo de investigación muy nuevo y apasionante, y queda mucho por aprender. Todavía estamos trabajando duro para comprender cómo sucede en las aulas de la vida real. No sabemos, por ejemplo, si otras habilidades cognitivas como la memoria también muestran los efectos del mutualismo, si algunos niños muestran mutualismo más que otros, cómo el cerebro apoya el mutualismo, o cuánto tiempo es necesario practicar la lectura antes

de ver algún beneficio en las matemáticas. Sin embargo, estamos trabajando en ello, ¡así que estad atentos!

## AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer a Callahan Collier (11 años) por sus valiosos comentarios sobre un borrador anterior de este manuscrito. También queríamos agradecer de todo corazón a quienes ayudaron en la traducción de los artículos de esta colección para hacerlos más accesibles a los niños fuera de los países de habla inglesa, y a la Fundación Jacobs por proporcionar los fondos necesarios para traducir los artículos.

## FUENTE ORIGINAL DEL ARTÍCULO

Kievit, R. A., Hofman, A. D., and Nation, K. 2019. Mutualistic coupling between vocabulary and reasoning in young children: a replication and extension of the study by Kievit et al. (2017). *Psychol. Sci.* 30:1245–52. doi: 10.1177/0956797619841265

## REFERENCIAS

1. Van Der Maas, H. L., Dolan, C. V., Grasman, R. P., Wicherts, J. M., Huizenga, H. M., and Raijmakers, M. E. 2006. A dynamical model of general intelligence: the positive manifold of intelligence by mutualism. *Psychol. Rev.* 113:842–61. doi: 10.1037/0033-295X.113.4.842
2. Kievit, R. A., Lindenberger, U., Goodyer, I. M., Jones, P. B., Fonagy, P., Bullmore, E. T., et al. 2017. Mutualistic coupling between vocabulary and reasoning supports cognitive development during late adolescence and early adulthood. *Psychol. Sci.* 28:1419–31. doi: 10.1177/0956797617710785
3. Kievit, R. A., Hofman, A. D., and Nation, K. 2019. Mutualistic coupling between vocabulary and reasoning in young children: a replication and extension of the study by Kievit et al. (2017). *Psychol. Sci.* 30:1245–52. doi: 10.1177/0956797619841265
4. Ritchie, S. J., and Tucker-Drob, E. M. 2018. How much does education improve intelligence? A meta-analysis. *Psychol. Sci.* 29:1358–69. doi: 10.1177/0956797618774253
5. Rinne, L. F., Ye, A., and Jordan, N. C. 2019. Development of arithmetic fluency: a direct effect of reading fluency? *J. Educ. Psychol.* 112:110–30. doi: 10.1037/edu0000362

**EDITOR:** Sabine Peters

**MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS:** Gert-Jan Pepping

**CITACIÓN:** Kievit RA, Simpson-Kent IL y Fuhrmann D (2023) ¿Por qué tu mente es como un tiburón?: La idea del mutualismo a prueba. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.00060-es



**TRADUCIDO Y ADAPTADO DE:** Kievit RA, Simpson-Kent IL and Fuhrmann D (2020) Why Your Mind Is Like a Shark: Testing the Idea of Mutualism. Front. Young Minds 8:60. doi: 10.3389/frym.2020.00060

**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2023 Kievit, Simpson-Kent y Fuhrmann. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

## JÓVENES REVISORES



### AIDAN, EDAD: 9

Aidan tiene 9 años, le gustan la programación y la ciencia, y también leer mucho. Le gusta leer series de libros como "Wings of Fire," "How to Train Your Dragon," "The Three Doors Trilogy," "Deltora Quest," "His Dark Materials Trilogy," "Mr. Gum," "Harry Potter" y "Weir Do."



### DANIELA, EDAD: 10

Hola, mi nombre es Daniela. Tengo 10 años. Vivo en Australia. Mi pasatiempo favorito es jugar al tenis y mi asignatura favorita es la ciencia. Cuando sea mayor me gustaría estudiar ciencias y ser médica.



### LEIMINA, EDAD: 11

Hola, me encanta el deporte, especialmente el balón red, pero también me encantan otros deportes. Diría que soy una artista bastante buena. Me encanta leer y aprender cosas nuevas.



### LUCIE, EDAD: 11

Lucie ama la ciencia y las matemáticas. Está muy interesada en la biología y la química. A Lucie le gusta leer en su tiempo libre. Sus géneros de libros favoritos son la no-ficción, la acción, la fantasía y las novelas románticas.

## AUTORES



### ROGIER A. KIEVIT

Rogier es un psicólogo que quiere entender por qué los niños aprenden habilidades tan rápido y por qué las personas mayores tienden a empeorar un poco cuando envejecen (demasiado). Observa a grandes grupos de niños y adultos para averiguar cómo cambian sus cerebros con el tiempo y qué efecto tienen esos cambios en su forma de pensar, razonar y recordar. Le encantan los tiburones y estuvo muy feliz de poder usar la foto de uno en este artículo. \*[rogier.kievit@mrc-cbu.cam.ac.uk](mailto:rogier.kievit@mrc-cbu.cam.ac.uk); [www.rogierkievit.com](http://www.rogierkievit.com)



### IVAN L. SIMPSON-KENT

Iván es un estudiante de doctorado de la Unidad de Cognición y Ciencias del Cerebro MRC en la Universidad de Cambridge. Su investigación intenta comprender cómo el cerebro y el comportamiento interactúan durante la infancia y la adolescencia para producir inteligencia. Espera aplicar los conocimientos de su investigación para ayudar a guiar la política educativa, especialmente para los jóvenes desfavorecidos con dificultades para aprender en la escuela.



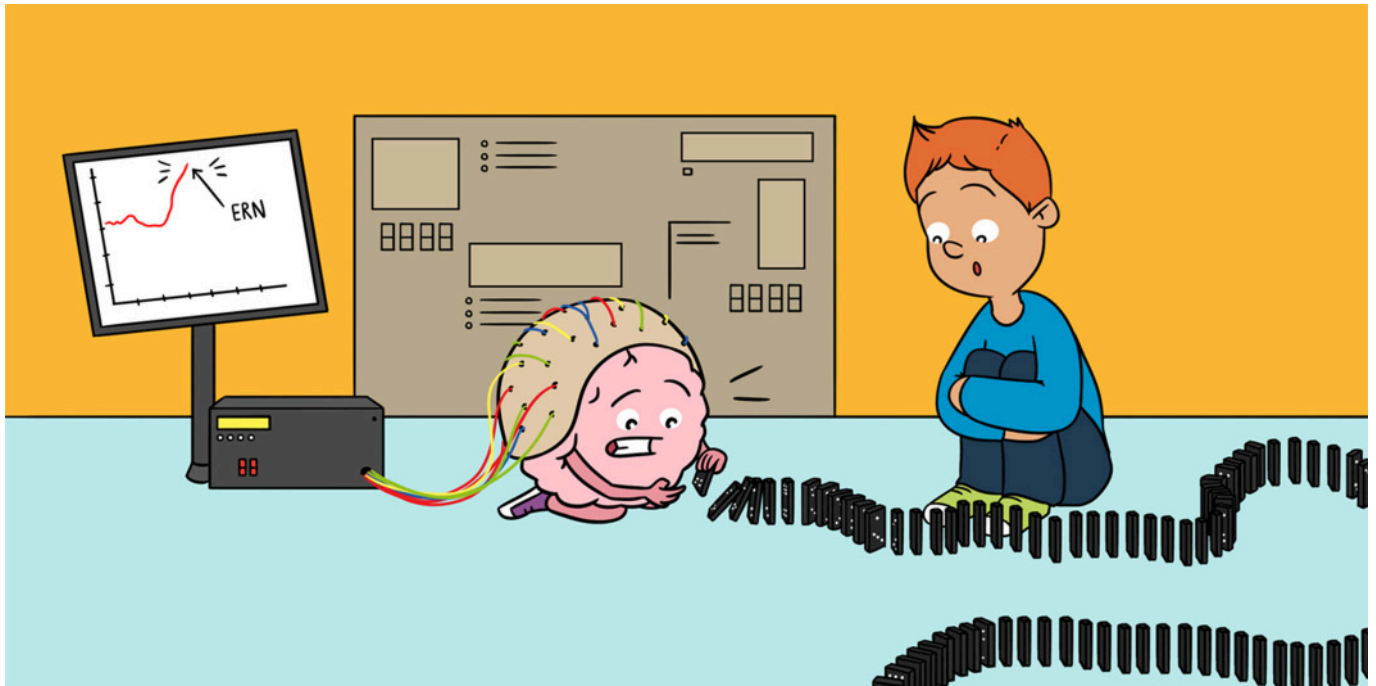
### DELIA FUHRMANN

Delia es una psicóloga a la que le fascina cómo se desarrollan la mente y el cerebro. Trabaja en la Universidad de Cambridge y el King's College de Londres. Quiere comprender cómo nos afecta el entorno a diferentes edades. Fuera del laboratorio, le gusta jugar con sus hijos, leer libros y bailar.

**Spanish version provided by**

Versión en español por

 **JACOBS  
FOUNDATION**  
Our Promise to Youth



## APRENDER DE LOS ERRORES: ¿CÓMO LIDIA CON LOS ERRORES EL CEREBRO?

**Knut Overbye<sup>1</sup>, Rune Bøen<sup>2</sup>, Rene J. Huster<sup>3</sup> y Christian K. Tamnes<sup>2,4,5\*</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Estudios sobre Evolución del Cerebro y Cognición a lo Largo de la Vida, Departamento de Psicología, Universidad de Oslo, Oslo, Noruega

<sup>2</sup>Centro de Investigación PROMENTA, Departamento de Psicología, Universidad de Oslo, Noruega

<sup>3</sup>Laboratorio de Control Cognitivo e Imagen Multimodal, Departamento de Psicología, Universidad de Oslo, Oslo, Noruega

<sup>4</sup>NORMENT, Instituto de Medicina Clínica, Universidad de Oslo, Oslo, Noruega

<sup>5</sup>Departamento de Investigación Psiquiátrica, Hospital Diakonhjemmet, Oslo, Noruega

### JÓVENES REVISORES:



**ASHLEY**

EDAD: 12



**JULIA**

EDAD: 14



**SAMANTHA**

EDAD: 15

Todos cometemos errores, y cometerlos supone una gran oportunidad para que el cerebro ajuste lo que está haciendo y aprenda de ello. Para estudiar cómo el cerebro detecta y se ocupa de los errores, los investigadores han utilizado gorros equipados con sensores que pueden medir la actividad cerebral. Una cosa que los investigadores han descubierto al utilizar este método es que el cerebro crea un tipo específico de actividad cerebral cuando una persona comete un error. Esta actividad, llamada negatividad relacionada con el error o NRE, ocurre casi al mismo tiempo que se comete el error. Es como si el cerebro ya supiera que estamos cometiendo un error en fracciones de segundo, incluso antes de que nos demos cuenta. ¿De qué parte del cerebro proviene esta

**NRE? ¿Cómo nos ayuda a aprender? ¿Y cómo cambia a medida que crecemos de niños a adultos?**

## COMETER ERRORES

Cometer un error es desagradable. Esa repentina y molesta sacudida que sientes cuando el dardo falla en la diana o la tristeza que sientes cuando suspendes un examen. Estas sensaciones pueden ser molestas o dolorosas, pero son parte de lo que hace tu cerebro para que tengas éxito en el futuro.

Cometer un error podría haber significado lesiones o la muerte para nuestros ancestros lejanos que vivían en la naturaleza, cazando y evitando a los depredadores. El cerebro de nuestros antepasados tuvo que ayudarlos a aprender de sus errores para que pudieran sobrevivir. Una función importante del cerebro es intentar predecir el futuro. Esto incluye cómo podemos cambiar nuestras acciones en el futuro para evitar cometer los mismos errores. Por lo tanto, comprender cómo el cerebro detecta y afronta los errores es importante para entender su funcionamiento y cómo aprendemos.

Para detectar un error, primero tenemos que definir el objetivo que queremos conseguir. Por ejemplo, estás jugando al fútbol y estás a punto de lanzar un tiro libre. En este caso, tu objetivo es marcar un gol. Evalúas la situación y eliges un plan de acción. Digamos que el equipo contrario ha colocado una barrera, por lo que decides curvar la pelota alrededor de los jugadores y hacia la portería. Desafortunadamente, le das muy poco efecto a la pelota y esta golpea un poste y se desvía.

En este ejemplo, el error fue causado por una predicción incorrecta. Predijiste que la forma de patear la pelota se traduciría en marcar un gol, pero, para tu sorpresa, ¡diste en el poste en lugar de la portería! En otras palabras, lo que pensabas que sucedería no sucedió en realidad. Aunque puede que te sientas decepcionado por no marcar un gol, este evento te dice algo muy importante: tus ideas sobre cómo funciona el mundo y cómo puedes afectarlo no son del todo correctas. Ahora sabes que, la próxima vez, necesitarás patear la pelota con más efecto. Gracias a estas experiencias de aprendizaje, afinarás tus patadas hasta que finalmente marques un gol.

## ¿CÓMO LIDIA EL CEREBRO CON LOS ERRORES?

Las células cerebrales se comunican entre sí mediante electricidad. Parte de esta actividad eléctrica viaja desde las células cerebrales hasta el exterior de la cabeza, pasando a través del tejido cerebral, el cráneo y la piel. Esta actividad eléctrica la podemos registrar mediante la **electroencefalografía (EEG)**, una técnica que utiliza unos gorros

### ELECTROENCEFALOGRAFÍA (EEG)

Un método para registrar la actividad eléctrica del cerebro.

### NEGATIVIDAD RELACIONADA CON EL ERROR (NRE)

Actividad cerebral eléctrica cargada negativamente que ocurre muy rápidamente después de un error y que señala la detección y el procesamiento del error.

#### Figura 1

La negatividad relacionada con el error (NRE, o ERN en inglés) y la positividad del error (Error Positivity). Se puede observar un patrón específico de actividad cerebral cuando cometemos un error. En el gráfico, la línea ondulada muestra la actividad cerebral a lo largo del tiempo. La línea vertical representa el momento en que se cometió el error. Puedes ver que la NRE (azul) ocurre casi inmediatamente después de que se comete el error y es más intensa en la parte superior de la cabeza, mientras que la positividad del error (rojo) llega un poco más tarde.

### CIRCUNVOLUCIÓN CINGULADA

Una parte del cerebro en lo más profundo de la mitad del cerebro.

con sensores especiales llamados electrodos. La EEG nos permite estudiar la actividad cerebral mientras la persona realiza diferentes tareas. El cerebro nunca deja de funcionar, incluso cuando duermes y, por lo tanto, produce constantemente esta actividad eléctrica. Al observar los patrones de estas "ondas cerebrales" eléctricas es posible ver mucho sobre lo que está sucediendo en el cerebro. Por ejemplo, podemos ver si la persona está despierta o durmiendo, si está relajada o concentrada, o si acaba de cometer un error.

En el laboratorio, para estudiar la actividad cerebral relacionada con los errores le damos a alguien una tarea muy difícil en la que seguramente cometerá muchos errores. Por ejemplo, se le puede pedir a la persona que presione rápidamente una tecla determinada en un teclado cuando se muestra una flecha hacia la izquierda o hacia la derecha en el centro de la pantalla, pero la flecha está rodeada por muchas flechas que distraen apuntando en la otra dirección. Siempre que la persona comete un error, aparece un patrón especial de actividad cerebral, una actividad eléctrica negativa aguda que es más intensa en la parte superior de la cabeza. Dado que esta actividad eléctrica está cargada negativamente y se asocia con cometer errores, se denomina **negatividad relacionada con el error**, o NRE [1] (Figura 1).

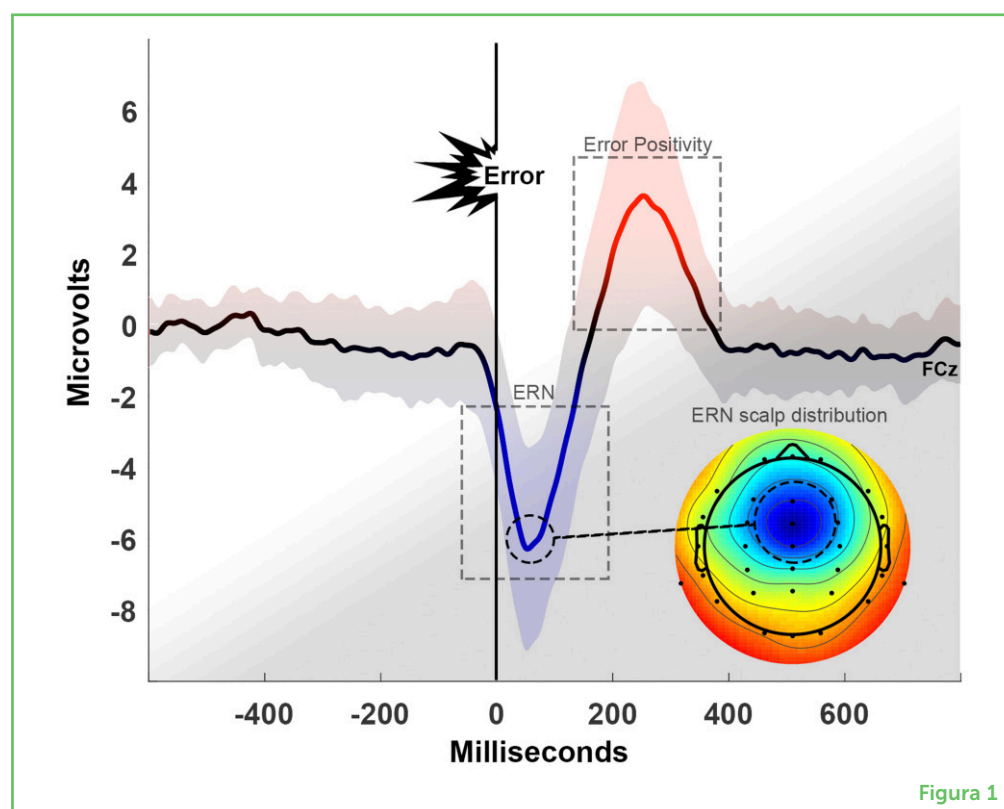


Figura 1

Se considera que la NRE proviene de una región profunda del cerebro en la parte frontal llamada **circunvolución cingulada** [2] (Figura 2). Es probable que la NRE sea el resultado de que la circunvolución

## Figura 2

La circunvolución cingulada y el haz del cíngulo. **Izquierda:** La circunvolución cingulada, que se muestra en verde, es una región profunda en la parte medial del cerebro y es la fuente de la NRE. **Derecha:** El haz del cíngulo, las conexiones de fibras que se encuentran debajo de la circunvolución cingulada, conecta diferentes regiones del cerebro (por Sila Genc). Front = Parte frontal, Back = Parte posterior.

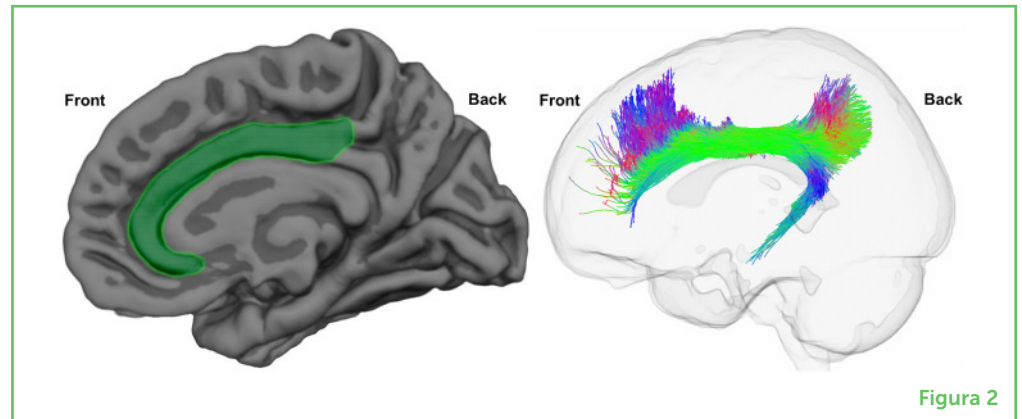


Figura 2

## HAZ DEL CÍNGULO

Un tracto nervioso que contiene una colección de fibras que conectan muchas partes diferentes del cerebro.

## POSITIVIDAD DEL ERROR (PE)

Actividad cerebral eléctrica cargada positivamente que ocurre a partir de 200 ms después de un error y está implicada en nuestra conciencia de cometer el error.

cingulada detecte un error y envíe una señal de alerta a otras partes del cerebro, a través de conexiones llamadas **haz del cíngulo**, consiguiendo así aumentar la atención de la persona para disminuir la probabilidad de cometer nuevos errores.

Una cosa curiosa sobre la NRE es la rapidez con la que aparece después de cometer un error. Tan rápido, de hecho, que sucede antes de que te des cuenta de tu error. La NRE generalmente ocurre unos 100 ms (1/1.000 de segundo) después de que se haya cometido un error y a veces incluso puede ocurrir casi al mismo tiempo que el propio error. Por el contrario, no serás consciente de haber cometido un error hasta al menos 200 ms después. ¡Es como si tu cerebro supiera que has cometido un error antes de que tú lo sepas! Y, de hecho, los científicos piensan que esto es exactamente lo que sucede. La circunvolución cingulada compara nuestras acciones reales con lo que nos gustaría hacer o deberíamos lograr, y la NRE luego le indica a nuestro ser consciente que la acción real y el resultado que esperábamos no coinciden. Por lo tanto, la NRE llama nuestra atención hacia este error o desajuste. La conciencia real de cometer un error ocurre al mismo tiempo que una señal cerebral más tardía, llamada **positividad del error**, que es una señal eléctrica que los científicos creen que está implicada en nuestra conciencia de cometer un error.

## ¿CÓMO NOS AYUDAN LOS ERRORES A AJUSTAR NUESTRO COMPORTAMIENTO Y APRENDER?

Muchos estudios científicos han descubierto que, después de cometer un error, respondemos más lentamente en la siguiente ronda. Esto podría deberse a que el cerebro está tratando de darse más tiempo para evitar volver a cometer el mismo error. Cuanto más fuerte es la NRE después de un error, más lenta tiende a ser la respuesta en la siguiente ronda [3].



Algunas personas tienen una NRE mayor que otras. ¿Esto significa que estas personas son más sensibles a cometer errores y aprenden más de sus errores? Algunos estudios parecen apoyar esta idea. Por ejemplo, Hirsh e Inzlicht [4] encontraron que una NRE más intensa se asociaba con un mejor rendimiento escolar. En su estudio, los investigadores midieron la actividad cerebral de los estudiantes universitarios y encontraron que los estudiantes que tenían una NRE mayor también tendían a tener mejores calificaciones.

Sin embargo, tener una NRE intensa no siempre es algo bueno. Las personas que son más ansiosas tienden a tener NRE más intensas [5], y las respuestas cerebrales muy fuertes a los errores se asocian con una mayor distracción en lugar de una mejor concentración. Si la NRE muestra que el cerebro reacciona y responde a los errores, entonces una NRE realmente intensa podría ser aquel cerebro que, al cometer un error, reacciona de forma exagerada, más molesto y alarmado de lo necesario.

## ¿CÓMO CAMBIAN LAS SEÑALES DE ERROR A MEDIDA QUE CRECEMOS?

En la niñez y la adolescencia, el cuerpo pasa por muchos cambios físicos, pero también hay muchos cambios en la forma en la que pensamos, sentimos y nos comportamos, así como en nuestras motivaciones. Estos cambios, junto con las responsabilidades y expectativas cada vez mayores que enfrentamos en la vida, requieren repetidas pruebas y errores para que podamos aprender las habilidades sociales y académicas que necesitamos para prosperar como adultos.

Los estudios muestran que la NRE cambia con la edad y que los adultos y los adolescentes tienen señales de NRE más intensas en comparación con los niños [3]. El hecho de que la NRE se fortalezca durante la infancia y la adolescencia probablemente esté relacionado con la forma en la que se desarrolla el cerebro. Las diferentes partes del cerebro se desarrollan a diferentes velocidades. Algunas regiones del cerebro están completamente maduras al final de la infancia, mientras que otras continúan desarrollándose hasta la edad adulta [6]. La circunvolución cingulada, que produce la NRE, no deja de desarrollarse hasta finales de los 20 años. En otras palabras, una parte del cerebro que es importante para aprender de nuestros errores tarda mucho en desarrollarse en comparación con muchas otras partes del cerebro.

## CONCLUSIÓN

En ocasiones, cometer errores puede resultar molesto y frustrante. Sin embargo, también es muy importante que aprendamos de

nuestros errores para que podamos corregir nuestras respuestas y hacer las cosas de manera diferente la próxima vez que estemos en la misma situación. El cerebro es muy sensible a los errores y produce un tipo específico de actividad eléctrica cuando cometemos errores, llamada NRE. Esta señal de error: (1) ocurre antes que nos demos cuenta de nuestro error; (2) se vuelve más intensa a medida que envejecemos; y (3) puede predecir nuestro éxito académico en la escuela o la universidad. Todavía hay mucho que no sabemos sobre cómo reacciona el cerebro a los errores, así que investigar más sobre la NRE podría ayudarnos a resolver algunos de estos misterios.

## AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer de todo corazón a quienes ayudaron en la traducción de los artículos de esta colección para hacerlos más accesibles a los niños fuera de los países de habla inglesa, y a la Fundación Jacobs por proporcionar los fondos necesarios para traducir los artículos. El autor CT ha recibido financiación del Research Council of Norway (#230345, #288083, #223273) y la South-Eastern Norway Regional Health Authority (#2019069).

## REFERENCIAS

1. Tamnes, C. K., Walhovd, K. B., Torstveit, M., Sells, V. T., and Fjell, A. M. 2013. Performance monitoring in children and adolescents: a review of developmental changes in the error-related negativity and brain maturation. *Dev. Cogn. Neurosci.* 6:1–13. doi: 10.1016/j.dcn.2013.05.001
2. Cavanagh, J. F., and Frank, M. J. 2014. Frontal theta as a mechanism for cognitive control. *Trends Cogn. Sci.* 18:414–21. doi: 10.1016/j.tics.2014.04.012
3. Overbye, K., Walhovd, K. B., Paus, T., Fjell, A. M., Huster, R. J., and Tamnes, C. K. 2019. Error processing in the adolescent brain: Age-related differences in electrophysiology, behavioral adaptation, and brain morphology. *Dev. Cogn. Neurosci.* 38:100665. doi: 10.1016/j.dcn.2019.100665
4. Hirsh, J. B., and Inzlicht, M. 2010. Error-related negativity predicts academic performance. *Psychophysiology* 47:192–6. doi: 10.1111/j.1469-8986.2009.00877.x
5. Hajcak, G. 2012. What we've learned from mistakes: insights from error-related brain activity. *Curr. Direct. Psychol. Sci.* 21:101–6. doi: 10.1177/0963721412436809
6. Amlien, I. K., Fjell, A. M., Tamnes, C. K., Grydeland, H., Krogsrud, S. K., Chaplin, T. A., et al. 2016. Organizing principles of human cortical development—thickness and area from 4 to 30 years: insights from comparative primate neuroanatomy. *Cereb. Cortex* 26:257–67. doi: 10.1093/cercor/bhu214

**EDITOR:** Nienke Van Atteveldt

**MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS:** Jessie Claire Newville y Iryna Omelchenko



**CITACIÓN:** Overbye K, Bøen R, Huster RJ y Tamnes CK (2023) Aprender de los errores: ¿Cómo lidia con los errores el cerebro? Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2020.00080-es

**TRADUCIDO Y ADAPTADO DE:** Overbye K, Bøen R, Huster RJ and Tamnes CK (2020) Learning From Mistakes: How does the Brain Handle Errors? Front. Young Minds 8:80. doi: 10.3389/frym.2020.00080

**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2023 Overbye, Bøen, Huster y Tamnes. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

## JÓVENES REVISORES



### ASHLEY, EDAD: 12

Hola, ¡soy Ashley! Me gusta bailar flamenco todos los días porque es divertido y es una gran actividad física. Las clases de flamenco y actuación son mis clases favoritas este año. Voy a una escuela que no solo se centra en las clases normales, sino también en las artes escénicas. En mi tiempo libre me gusta hacer bromas y jugar a las cartas con mi familia.



### JULIA, EDAD: 14

Me llamo Julia y soy una estudiante de noveno grado de Berlín. Estoy muy interesada en las matemáticas, la química y las ciencias, especialmente las neurociencias y las ciencias espaciales o la mecánica cuántica, pero también me gusta mucho aprender idiomas. En casa hablo con mis padres en ucraniano porque originalmente venimos de Ucrania, y además estoy estudiando alemán, inglés y francés en la escuela. En mi tiempo libre me gusta mucho tocar el piano, bailar y leer libros.



### SAMANTHA, EDAD: 15

¡Hola, me llamo Samantha! Me gusta leer y escribir, y ahora mismo estoy escribiendo una historia larga. Mis clases favoritas son química e inglés. En mi tiempo libre me gusta contemplar los misterios del universo, mirar el espacio y escribir.

## AUTORES



### KNUT OVERBYE

Knut es psicólogo y neurocientífico cognitivo. Ha estudiado cómo reaccionan los cerebros de los adolescentes ante errores y sorpresas. Actualmente está estudiando cómo cambia físicamente el cerebro cuando practicamos algo durante mucho tiempo. Tanto en el trabajo como en casa, a Knut le gusta la programación y encontrar nuevos usos para la realidad virtual.



### RUNE BØEN

Rune es asistente de investigación y ayuda a otros investigadores a realizar experimentos. Está interesado en el cerebro y en cómo funciona, y en un futuro quiere convertirse en un neurocientífico cognitivo. Le gusta la ciencia y aprender cosas nuevas. Cuando no trabaja, le gusta leer libros, escuchar podcasts y ver partidos de fútbol.



### RENÉ J. HUSTER

René es un neurocientífico cognitivo que estudia cómo el cerebro nos ayuda a adaptarnos a los cambios del entorno y cómo podemos funcionar en condiciones difíciles, por ejemplo, ¿cómo puedes resistirte a comer una galleta ahora, cuando podrías obtener tres más si esperas otros 30 min? Cuando no está trabajando, le gusta practicar jiu jitsu o tocar el bajo.

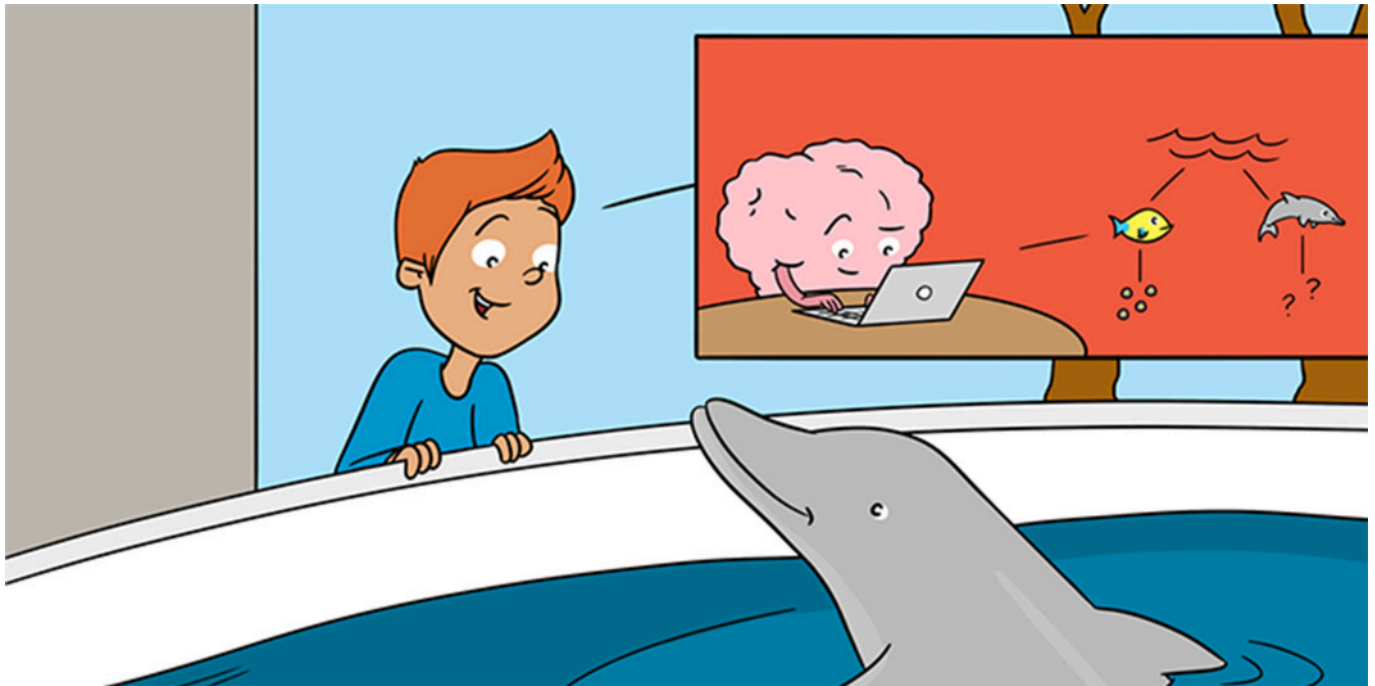


### CHRISTIAN K. TAMNES

Christian es psicólogo y neurocientífico cognitivo del desarrollo. Estudia cómo se desarrolla el cerebro durante la niñez y la adolescencia. También está interesado en cómo el desarrollo del cerebro nos convierte en quienes somos. En su investigación, trata de averiguar si la forma y función del cerebro en desarrollo pueden decirnos algo sobre por qué algunas personas son muy extrovertidas o inteligentes, o incluso por qué algunas personas enferman mentalmente. En su tiempo libre, suele pasar el rato con sus dos hijos. \*[cktamnes@psykologi.uio.no](mailto:cktamnes@psykologi.uio.no)

### Spanish version provided by

Versión en español por



## CÓMO USAR TUS RECUERDOS PARA AYUDARTE A APRENDER COSAS NUEVAS

**Marlieke van Kesteren\* y Martijn Meeter**

*Departamento de Ciencias de la Educación, Universidad Libre de Ámsterdam, Ámsterdam, Países Bajos*

### JÓVENES REVISORES:



**DR. H.  
BAVINCK  
SCHOOL**  
EIDADES: 8–12



**ELIZA**  
EDAD: 10



**MALLET'S  
BAY  
SCHOOL**  
EIDADES: 9–10

Recordar es una función cerebral esencial. Piensa en ello, ¿qué pasaría si no recordaras nada? No podrías recordar las cosas que aprendes en la escuela. En realidad, ¡ni siquiera sabrías que tienes que ir a la escuela o dónde está tu escuela! Mucha gente piensa que la memoria se puede comparar con un armario, donde pones algo y luego lo recuperas de la misma manera que lo guardaste. Pero realmente no es así como funciona. De hecho, la memoria funciona más como los sitios web de noticias en Internet, que van cambiando de contenido según lo que sucede en el mundo. Un buen sitio web también incluye enlaces a otros sitios donde se puede buscar información relacionada. Que recuerdes algo bien depende de muchas cosas que suceden en tu cerebro durante y después del aprendizaje. El conocimiento que ya está almacenado en tu cerebro es un factor muy importante para aprender. Es más fácil agregar nueva información cuando ya sabes mucho. También te mostraremos de qué manera puedes usar este conocimiento sobre cómo se forman los recuerdos para ayudarte a recordar cosas nuevas que aprendes en la escuela.

## TU CONOCIMIENTO ANTERIOR HACE MÁS FÁCIL APRENDER

Dedica un momento a pensar en todo lo que ya sabes. Piensa en los acontecimientos de tu vida, las personas que conoces, los libros que has leído, los juegos a los que has jugado, las cosas que has aprendido en la escuela, y más. Es mucho, ¿no? Pues es muy útil tener todo este conocimiento almacenado en tu cerebro. Este conocimiento te ayuda a comprender el mundo que te rodea, pero también facilita el aprendizaje de nueva información, ya que puedes vincular la nueva información con lo que ya sabes. Por ejemplo, cuando ya sabes algunas cosas sobre el cerebro porque ya has leído artículos de *Frontiers for Young Minds Neurociencia* antes, probablemente te resultará más fácil recordar lo que te vamos a contar. El conocimiento de la neurociencia en el cerebro hace que sea más probable que los nuevos recuerdos se “peguen”. A esta estructura de conocimiento la llamamos **esquema** [1].

### ESQUEMA

Conocimientos previos en tu cerebro.

### HIPOCAMPO

Es una región del cerebro que te ayuda a recordar al vincular diferentes partes de un recuerdo.

### CORTEZA PREFONTAL MEDIAL

Una región del cerebro que te ayuda a incorporar nueva información, integrándola con tu conocimiento sobre el esquema.

## CÓMO FUNCIONA LA MEMORIA EN TU CEREBRO

En el cerebro hay muchas regiones que ayudan a almacenar recuerdos. La región más importante se llama **hipocampo** (que significa caballito de mar, porque tiene la forma de uno de estos animales). Sin el hipocampo, no podrías aprender información nueva [2]. Los científicos consideran que el hipocampo vincula diferentes partes de un recuerdo. Por ejemplo, cuando aprendes que los peces ponen huevos, el hipocampo establece una conexión entre “peces” y “huevos” (véase la **Figura 1**). Eso significa que la memoria en sí no está en el hipocampo, pero sin la ayuda del hipocampo no se podrían vincular las diferentes partes del recuerdo. Y esto es lo que sucede cuando olvidas algo: las diferentes partes del recuerdo aún están ahí, pero no pueden ser conectadas.

Otra región del cerebro, llamada **corteza prefrontal medial**, también puede ayudarte a recordar información. Sin embargo, los científicos piensan que esta región aprende de manera diferente que el hipocampo [3]. Según tu conocimiento sobre el esquema, la corteza prefrontal medial determina dónde es el mejor sitio para colocar la nueva información y luego la conecta con tu esquema. Ello significa que cuando aprendes sobre un nuevo tipo de pez, como un pez dorado, la corteza prefrontal medial conectará inmediatamente esta información con “poner huevos”, pues eso es lo que has recordado antes. Este proceso se llama integración, que significa combinar en una sola parte. El proceso de integración te ayuda a descubrir conexiones entre conocimientos nuevos y antiguos. Por ejemplo, si sabes que los peces ponen huevos y que los peces dorados son un tipo de pez, podrías descubrir que un pez dorado pone huevos [4]. Éste sería un hecho nuevo que la corteza prefrontal medial te ayudó a

### Figura 1

Esta es una imagen de un cerebro cortado por la mitad. Se puede ver tanto el hipocampo, en rojo, como la corteza prefrontal medial, en azul. El hipocampo vincula partes separadas de un recuerdo, asegurándose de que los recuerdos se mantengan detallados y vívidos, como cuando recuerdas el momento en que tu pez dorado puso huevos. La corteza prefrontal medial también puede ayudarte a recordar información, pero se cree que lo hace integrando nuevos conocimientos con conocimientos de esquemas existentes, por lo que los recuerdos se vuelven menos detallados y generalizados. Este proceso también puede llevar a conceptos erróneos, como cuando se piensa erróneamente que un delfín, debido a que se parece a un pez, también pone huevos, mientras que en realidad da a luz crías vivas de delfines.

Adaptado de: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Frog-spawn-Rana-temporaria-11d.svg> and <http://www.clker.com/clipart-brain-3.html>.

### MÉTODO DE LOCI

Una técnica de memoria en la que vinculas cosas que quieres recordar a un lugar que conoces bien.

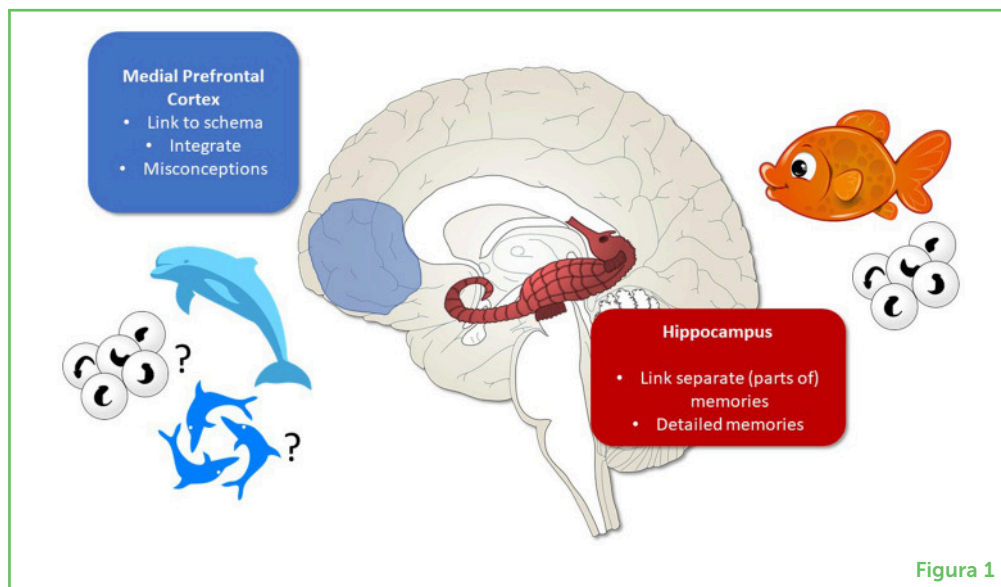


Figura 1

descubrir. Te puedes imaginar que utilizar este proceso de integración al aprender nueva información puede ser una buena idea.

## ESQUEMAS EN LA ESCUELA

Concretamente, en la escuela puede ser muy interesante utilizar activamente tu conocimiento sobre un esquema al aprender nueva información [5]. Puedes hacer esto de diferentes maneras. Antes de comenzar una lección puedes repasar lo que has aprendido con anterioridad sobre un tema determinado (p. ej., que los peces ponen huevos). O, mientras estudias, puedes tomarte una pausa de vez en cuando y pensar en lo que acabas de aprender y en cómo estos nuevos conocimientos se vinculan con lo que ya sabías. Eso te ayudará a utilizar la corteza prefrontal medial para integrar nueva información y recordarla mejor para los exámenes. Además, esta integración te ayuda a crear mejores esquemas, para que puedas recordar nueva información relacionada aún mejor en el futuro.

A veces, es posible utilizar “trucos” de la memoria para vincular nuevos conocimientos a nuestro conocimiento sobre los esquemas. Por ejemplo, al aprender una lista de palabras, puedes vincular estas palabras a lugares de tu habitación u otro entorno que te sea conocido. Ello se llama **método de loci** (loci significa “lugares” en latín [6]). Muchas personas lo utilizan para recordar información arbitraria que es difícil de conectar con el conocimiento del esquema, como una larga lista de la compra. Mientras miras la lista de la compra, puedes imaginar cada artículo en algún lugar de tu sala de estar (p. ej., un bote de helado en el sofá), y cuando estás en el supermercado solo tienes que pensar en tu sofá para recordar lo que querías comprar. ¡Con un poco de práctica, este método también funcionará contigo!



### CONCEPTO ERRÓNEO

Un recuerdo equivocado.

## CUIDADO CON LOS RECUERDOS ERRÓNEOS

Desafortunadamente, no todo son buenas noticias. Confiar mucho en el conocimiento de esquemas también puede conducir a recuerdos incorrectos. Por ejemplo, considera el ejemplo de “el pez pone huevos” que mencionamos anteriormente. ¿Qué sucede cuando aprendes sobre los delfines? Debido a que los delfines se asemejan a otros peces, y ya sabes mucho sobre peces, podrías pensar que los delfines también ponen huevos.

Sin embargo, eso no es verdad. Los delfines son mamíferos que nacen como bebés delfines vivos, de la misma manera que los humanos. Nosotros llamamos a esos falsos recuerdos **conceptos erróneos**. Estos conceptos erróneos pueden surgir cuando tu conocimiento sobre el esquema acerca de algo (en este caso, cómo hacen bebés los peces) es muy fuerte. El concepto erróneo hará que sea muy difícil recordar cuando aprendas algo que no encaja (como que el delfín no pone huevos). En este caso, la corteza prefrontal medial no debe integrar al delfín con el esquema sobre los peces. En lugar de eso, el hipocampo debería activarse para crear un recuerdo aparte. ¿Cómo conseguirlo?

## CONSEJOS

A continuación, se ofrecen algunos consejos que te ayudarán a utilizar tu conocimiento sobre el esquema cuando aprendas cosas nuevas en la escuela. Estos consejos también deberían ayudarte a evitar o deshacerte de conceptos erróneos:

1. **Reactivar:** Cuando obtengas nueva información, reactiva el conocimiento del esquema relacionado. Cierra los ojos y dedica un momento a recordar lo que ya has aprendido sobre este tema y cómo se conecta con la nueva información que deseas aprender.
2. **Elaborar:** Intenta vincular nueva información a diferentes tipos de conocimiento sobre los esquemas. Por ejemplo, cuando debas aprender en biología que los delfines son mamíferos, puedes vincularlo a tus recuerdos sobre los esquemas y el ejemplo de peces que has leído aquí. Cuantos más enlaces hagas, mejor podrás integrar nueva información para recordarla bien. Establecer vínculos sólidos y detallados también puede evitar la formación de conceptos erróneos.
3. **Espaciar, repetir y alternar:** La mejor forma de crear y ampliar esquemas es aprender y repetir información nueva en pequeños fragmentos a lo largo del tiempo, es decir, horas, días e incluso semanas. Alternar diferentes temas, para que no siempre estudies lo mismo, también puede beneficiar tu memoria.

4. **Recordar y hacer preguntas:** Después de haber aprendido algo, guarda el libro u ordenador y trata de recordar sólo con tu cerebro lo que acabas de aprender. También puedes hacer preguntas sobre lo que has aprendido. Ello te ayudará a integrar la información y podrás utilizar las preguntas más adelante para evaluarte a ti mismo y a tus compañeros de clase. Para evitar conceptos erróneos, ¡asegúrate de comprobar siempre si tu recuerdo es correcto!

5. **Enseñar a los demás:** Una muy buena forma de organizar tus esquemas es enseñar a tus compañeros del colegio. Alterna: lee algo, vincúlalo a tu conocimiento sobre el esquema, asimílalo y luego intenta explicárselo a otra persona. De nuevo, después de hacerlo, siempre verifica si has cometido errores y comenta cosas que realmente no comprendas.

6. **Dormir:** Quizás esto te suene extraño porque no sucede en la escuela, pero el sueño ayuda a construir esquemas sólidos y te ayuda a olvidar la información menos importante. ¡Piensa en ello cuando tus padres te digan que es hora de dormir!

7. **Seguir los conceptos erróneos:** Siempre mantente atento cuando la información contradiga tu conocimiento sobre el esquema o cuando notes que se ha formado un concepto erróneo en el camino. Intenta crear un recuerdo nuevo y muy vívido. Para el ejemplo del delfín, piensa en un delfín divertido con una barriga muy grande que está saltando fuera del agua y chasqueando fuerte. Imagina que éste te mojará y cómo acariciarás su nariz y le darás un pez para comer. ¡Cuanto más detalles y sentidos uses para este recuerdo, mejor!

## ¡DISFRUTA!

Intenta usar estos consejos cuando estés aprendiendo cosas nuevas en la escuela o en casa, y notarás que recordarás mucho mejor. ¡Esperamos que este artículo te ayude a disfrutar aprendiendo!

## AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer de todo corazón a quienes ayudaron en la traducción de los artículos de esta Colección para hacerlos más accesibles a los niños fuera de los países de habla inglesa, y a la Fundación Jacobs por proporcionar los fondos necesarios para traducir los artículos. Este proyecto ha recibido financiación del programa de investigación e innovación Horizon 2020 de la Unión Europea en el marco del acuerdo Marie Skłodowska-Curie de subvención no. 704506.

## REFERENCIAS

1. Bartlett, F. C. 1932. *Remembering: A Study in Experimental and Social Psychology*. Cambridge: University Press.
2. Squire, L. R. 1992. Memory and the hippocampus: a synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. *Psychol. Rev.* 99:195–231.
3. van Kesteren, M. T. R., Ruiters, D. J., Fernandez, G., and Henson, R. N. 2012. How schema and novelty augment memory formation. *Trends Neurosci.* 35:211–9. doi: 10.1016/j.tins.2012.02.001
4. Schlichting, M. L., and Preston, A. R. 2015. Memory integration: neural mechanisms and implications for behavior. *Curr. Opin. Behav. Sci.* 1:1–8. doi: 10.1016/j.cobeha.2014.07.005
5. van Kesteren, M. T. R., Krabbendam, L., and Meeter, M. 2018. Integrating educational knowledge: reactivation of prior knowledge during educational learning enhances memory integration. *NPJ Sci. Learn.* 3:11. doi: 10.1038/s41539-018-0027-8
6. Available online at: [https://en.wikipedia.org/wiki/Method\\_of\\_loci](https://en.wikipedia.org/wiki/Method_of_loci) (accessed on 8 February 2020).

**EDITOR:** Nienke Van Atteveldt

**MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS:** Gabrielle Edgerton y Marina Shpaner

**CITACIÓN:** van Kesteren M y Meeter M (2023) Cómo usar tus recuerdos para ayudarte a aprender cosas nuevas. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00047-es

**TRADUCIDO Y ADAPTADO DE:** van Kesteren M and Meeter M (2020) How to Use Your Memories to Help Yourself Learn New Things. *Front. Young Minds* 8:47. doi: 10.3389/frym.2020.00047

**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2023 van Kesteren y Meeter. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

## JÓVENES REVISORES

**DR. H. BAVINCK SCHOOL, EDADES: 8–12**

Somos las clases de Spectrum 5-6 y 7-8 de la Bavinckschool en Haarlem, Países Bajos. Somos un grupo de 40 niños (19 en el grupo 5-6 y 21 en el grupo 7-8) ansiosos por aprender un poco más de lo que el programa escolar regular ofrece.





Nos divertimos mucho revisando para FYM. Controlamos los artículos con gran atención y entusiasmo, e hicimos una evaluación crítica. ¡Realmente disfrutamos mucho contribuyendo a la ciencia y ayudando!

**ELIZA, EDAD: 10**

¡Hola! Mi nombre es Eliza. Me encanta leer y hornear muffins. Tengo dos perros, llamados Arnie y Benji. También me gusta estudiar matemáticas con mi papá. Mi mamá tiene un doctorado en neurociencia, que creo que es realmente interesante.

**MALLETS BAY SCHOOL, EDADES: 9–10**

A estos estudiantes de cuarto grado les encantan las actividades al aire libre en su hermosa región, donde los inviernos son largos, los veranos cortos y la estación del barro siempre está cerca. También disfrutaban jugando fútbol americano, Hot Wheels, Fortnite y hockey.

**AUTORES****MARLIEKE VAN KESTEREN**

Marlieke Van Kesteren es investigadora de posdoctorado en Neurociencia Educativa en la VU, Universidad de Ámsterdam. Investiga cómo podemos utilizar mejor nuestro conocimiento previo para aprender nueva información. Para hacerlo, pone a los estudiantes en una máquina de resonancia magnética mientras aprenden cosas nuevas. A ella realmente le gusta enseñar sus descubrimientos a los niños en las escuelas y está encantada de poder hacerlo a través de Frontiers Young Minds.

\*[marlieke.van.kesteren@vu.nl](mailto:marlieke.van.kesteren@vu.nl)

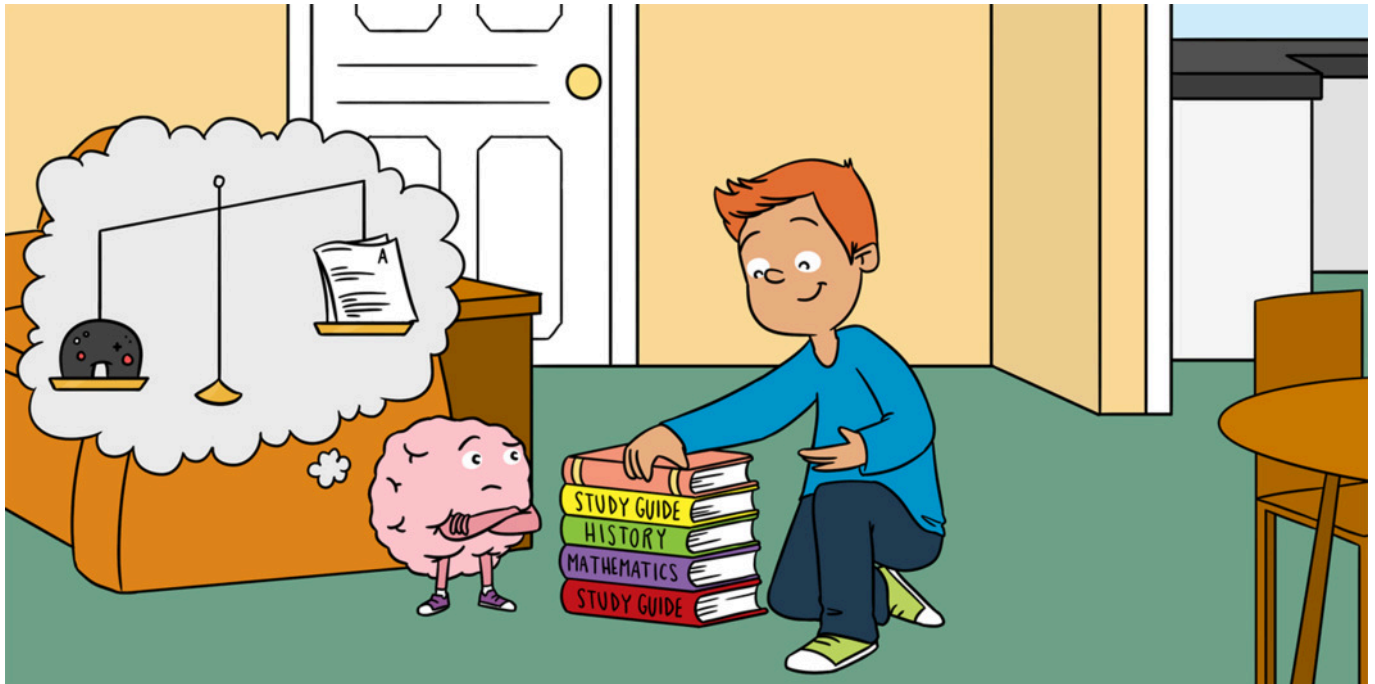
**MARTIJN MEETER**

Martijn Meeter es profesor de Ciencias de la Educación, que es la ciencia de cómo funciona la educación. Su laboratorio se encuentra en una universidad de Ámsterdam, Países Bajos ([www.vu.nl](http://www.vu.nl)). Estudia el aprendizaje y la educación con muchas técnicas diferentes y ha construido muchos modelos informáticos del cerebro, programas que simulan en un ordenador cómo funciona nuestro cerebro. También es el director de un programa de formación de profesores, una escuela que convierte a los estudiantes en profesores de educación secundaria.

**Spanish version provided by**

Versión en español por

**JACOBS  
FOUNDATION**  
Our Promise to Youth



## ¿VALE LA PENA? ¿CÓMO DECIDE ESFORZARSE TU CEREBRO?

Anne-Wil Kramer<sup>1\*</sup>, Hilde M. Huizenga<sup>1,2,3</sup>, Lydia Krabbendam<sup>4</sup> y Anna C. K. van Duijvenvoorde<sup>5,6</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Psicología del Desarrollo, Universidad de Ámsterdam, Ámsterdam, Países Bajos

<sup>2</sup>Centro de Cognición y Cerebro, Ámsterdam, Países Bajos

<sup>3</sup>Área Prioritaria de Investigación Rendimiento, Ámsterdam, Países Bajos

<sup>4</sup>Departamento de Psicología Clínica del Desarrollo, Universidad VU, Ámsterdam, Países Bajos

<sup>5</sup>Departamento de Psicología del Desarrollo, Instituto de Psicología, Universidad de Leiden, Leiden, Países Bajos

<sup>6</sup>Instituto Leiden para el Cerebro y la Cognición, Universidad de Leiden, Leiden, Países Bajos

### JÓVENES REVISORES:



SEAWELL  
ELEMENTARY

EDAD: 10

Todo lo que haces requiere que te esfuerces. Por ejemplo, cosas básicas como caminar o andar en bicicleta requieren un esfuerzo físico y tienen que ver con el uso de tu cuerpo. Otro tipo de esfuerzo es el esfuerzo cognitivo, que tiene que ver con pensar y usar el cerebro. Por ejemplo, piensa en intentar dominar cómo resolver el cubo de Rubik. ¿Te gustaría esforzarte? El placer de encontrar una solución puede pesar más que el esfuerzo de pensar mucho. O podrías decidir que no vale la pena esforzarse por encontrar una solución. ¿Por qué y cuándo decidirías pensar mucho? En este artículo, te explicaremos cómo decides realizar un esfuerzo cognitivo y qué está pasando en tu cerebro mientras tomas esta decisión.

## ESFUERZO COGNITIVO (COGNITIVE EFFORT)

El esfuerzo de pensamiento que pones para lograr una tarea complicada.

## INTRODUCCIÓN

En la escuela, tus profesores pueden decir que, si te hubieras esforzado un poco más, habrías aprobado un examen o que, con un poco más de esfuerzo, habrías obtenido una calificación más alta. Si bien puedes sentir que esforzarte más podría conducir a mejores resultados, no siempre está claro exactamente cuál es ese esfuerzo.

Las acciones que requieren esfuerzo pueden considerarse como lo opuesto a las acciones automáticas [1]. Por ejemplo, no tienes que hacer nada especial para que tu cerebro vea colores, este es un proceso automático. Por el contrario, otras acciones implican procesos no automáticos y requieren esfuerzo. Las acciones que requieren esfuerzo están en todas partes. Piensa en el esfuerzo que se necesita para caminar o ir en bicicleta a la escuela. Tales acciones corporales requieren esfuerzo físico. Por otro lado, las acciones que requieren un **esfuerzo cognitivo** tienen que ver con tu pensamiento. El esfuerzo cognitivo es el esfuerzo de pensamiento que pones para lograr una tarea complicada. Por ejemplo, ejerces un esfuerzo cognitivo cuando estudias para la escuela, resuelves un rompecabezas complicado o tratas de resolver un acertijo.

Muchas personas informan que los comportamientos de esfuerzo que son útiles a largo plazo, como estudiar para un examen, son desagradables en el momento [2]. ¿Por qué sería desagradable ejercer un esfuerzo cognitivo? Y quizás lo más interesante, ¿por qué a veces es divertido? En este artículo, explicaremos por qué y cuándo podrías decidir hacer un esfuerzo cognitivo y qué sucede en el cerebro cuando tomas esta decisión.

## COSTES Y BENEFICIOS

Imagina que mañana tienes un examen para el que necesitas estudiar. ¿Cuánto esfuerzo cognitivo pondrás? Los investigadores han descubierto que este comportamiento puede predecirse mediante el cálculo de los costes y los beneficios de estudiar [1]. ¿Cuáles podrían ser estos costes y beneficios?

Para simplificar, podemos decir que el beneficio de estudiar es obtener una buena nota. Obtener una buena calificación es mejor para tu informe final y es posible que te guste obtener buenas calificaciones. Un coste importante tiene que ver con el nivel de esfuerzo cognitivo que debes realizar, es decir, para obtener una buena calificación, a veces tendrás que pensar más.

Los investigadores describen la decisión de utilizar el esfuerzo cognitivo en función de los posibles costes y beneficios. Se podría pensar en ello como una ecuación matemática, en donde la suma

## DESCUENTO POR ESFUERZO

Es el fenómeno de que algo pierde su valor si se necesita más esfuerzo para obtenerlo.

### Figura 1

La *línea azul* representa el valor de una buena calificación en función de cuánto tienes que estudiar para obtenerla. Como puedes ver, el valor de una buena calificación disminuirá si requiere realizar más esfuerzo cognitivo (estudiar más). Esto es lo que los científicos llaman *descuento por esfuerzo*, es decir, algo te gusta menos por el esfuerzo que requiere. Por lo tanto, la *línea azul* se denomina *curva de descuento por esfuerzo*.

The value of a good grade = El valor de una buena calificación,  
How hard you should study = Cuánto tienes que estudiar para obtenerla.

## RESONANCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL (RMf)

Técnica de imágenes cerebrales que se utiliza para visualizar qué áreas del cerebro están activas en un momento dado.

## CUERPO ESTRIADO VENTRAL (VENTRAL STRIATUM)

Un área del cerebro implicada en señalar los beneficios de gastar esfuerzo cognitivo.

de los costes y beneficios da como resultado un cierto valor. Cuanto más valores algo, más probable es que pongas un esfuerzo cognitivo en ello.

En la **Figura 1**, puedes ver que si tienes que estudiar mucho para obtener una buena calificación, el valor de obtener esa calificación disminuye. Esto significa que el esfuerzo cognitivo probablemente también disminuye o descuenta el valor de una buena calificación. Esto es lo que los científicos llaman **descuento por esfuerzo**.

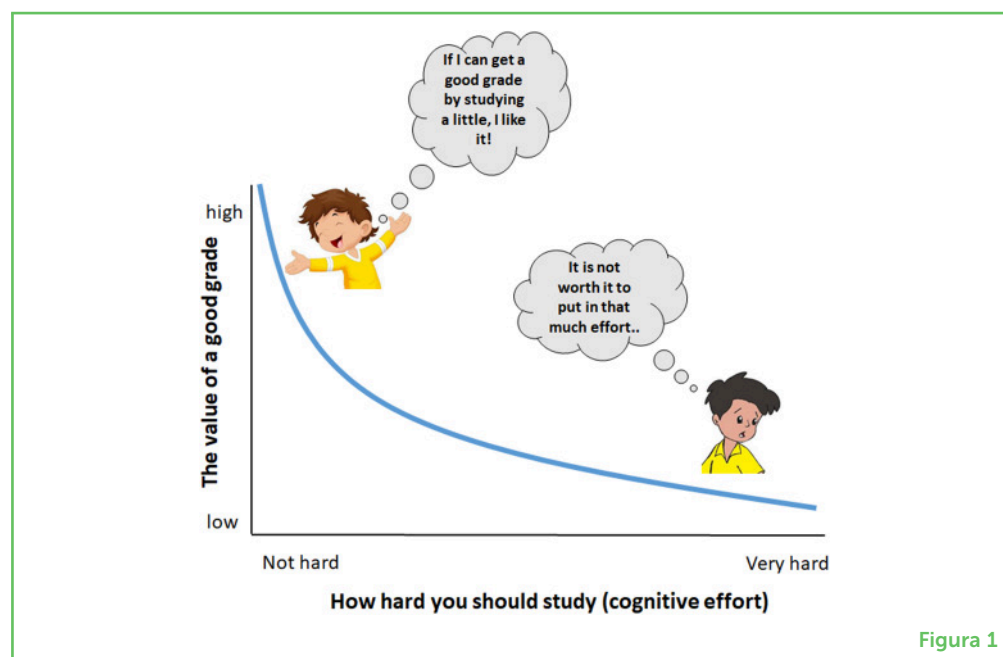


Figura 1

## PERO... ¿QUÉ PASA EN EL CEREBRO CUANDO DECIDES REALIZAR UN ESFUERZO COGNITIVO?

Para medir lo que sucede en tu cerebro cuando decides realizar un esfuerzo cognitivo, los investigadores pueden usar una técnica llamada **resonancia magnética funcional (RMf)** (para una explicación de la RMf, véase el **Cuadro 1**). Con la resonancia magnética funcional, podemos averiguar qué áreas del cerebro están activas, es decir, cuáles estás utilizando en ese momento. De los estudios de resonancia magnética funcional aprendimos que el cerebro calcula constantemente los valores de las acciones futuras al considerar los costes y beneficios de estas acciones. Una región específica del cerebro que es importante para señalar posibles beneficios se denomina **cuero estriado ventral**. Esta región se encuentra en lo profundo del cerebro y está implicada en señalar todo tipo de beneficios [4], por ejemplo, dinero, comida deliciosa u obtener una buena calificación. Pero, ¿qué pasa con los costes? Los científicos observaron que el coste del esfuerzo cognitivo está señalado

## CIRCUNVOLUCIÓN CINGULADA ANTERIOR (ANTERIOR CINGULATE CORTEX)

Un área del cerebro implicada en señalar los costes de gastar esfuerzo cognitivo.

## CORTEZA PREFRONTAL MEDIAL VENTRAL

Un área del cerebro donde se comparan los costes y los beneficios.

### Figura 2

Vista frontal (izquierda) y lateral (derecha) del cerebro. A la izquierda, puedes ver el cuerpo estriado ventral ("región de beneficio"). A la derecha, puedes ver la circunvolución cingulada anterior ("región de coste") y la corteza prefrontal medial ventral ("región de suma de costes y beneficios").

principalmente por una región cerebral diferente, que se denomina **circunvolución cingulada anterior** [5].

### Cuadro 1 | ¿Cómo miden la actividad cerebral los neurocientíficos?

La resonancia magnética funcional (RMf) es una técnica de imágenes del cerebro utilizada por los científicos para visualizar lo que hace el cerebro en diferentes circunstancias. El cerebro consta de alrededor de 100 mil millones de células, llamadas *neuronas*. Estas neuronas se comunican entre sí a través de señales químicas y eléctricas. Si las neuronas se envían más señales entre sí, necesitan más oxígeno. Este oxígeno se suministra a través de la sangre y, si la sangre contiene más oxígeno, es más magnética. Por lo tanto, con las técnicas de resonancia magnética funcional, medimos la cantidad de oxígeno que usan las diferentes regiones del cerebro midiendo su señal magnética. Esto nos dice indirectamente qué tan activa es una determinada región del cerebro. Para obtener más información sobre cómo funcionan los escáneres de resonancia magnética, véase otro artículo de Frontiers for Young Minds [3].

Después de que tu cerebro haya considerado los costes y los beneficios, el cuerpo estriado ventral y la circunvolución cingulada anterior trabajarán juntos para intercambiar información. Así, en nuestro ejemplo, tu cerebro sopesa los costes (esfuerzo cognitivo) y los beneficios (buena nota) de estudiar, y luego calcula cuánto valoras obtener una buena nota y, en consecuencia, si vale la pena estudiar. Los investigadores creen que este intercambio de información ocurre en una región del cerebro que se encuentra en la parte frontal, denominada **corteza prefrontal medial ventral** (Figura 2).

## ¿CUÁNDO QUIERES REALIZAR UN ESFUERZO COGNITIVO?

Ahora que sabemos qué es el esfuerzo cognitivo y qué sucede en el cerebro al decidir cuánto esfuerzo cognitivo realizar, podemos volver

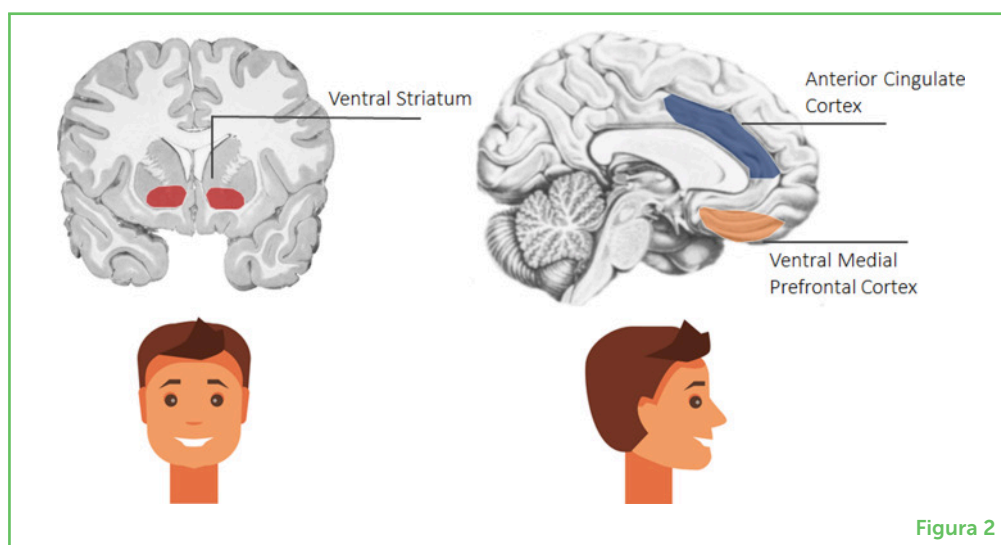


Figura 2

a la pregunta con la que comenzamos, ¿cuándo quieres invertir el esfuerzo cognitivo?

A estas alturas, puedes darte cuenta de que el cerebro considera que el esfuerzo cognitivo es costoso. Por lo tanto, un esfuerzo excesivo suele resultar desagradable. Puedes pensar que el cerebro te vuelve perezoso, pero ello no es necesariamente cierto. Tu cerebro está tratando de equilibrar si vale la pena hacer un esfuerzo cognitivo.

Sin embargo, tu disposición para realizar un esfuerzo cognitivo no siempre es la misma. Es posible que recuerdes veces en las que tienes ganas de hacer un esfuerzo cognitivo y otras en las que realmente no te gusta pensar mucho. La voluntad de realizar un esfuerzo cognitivo no siempre es la misma, ¡es cambiante! La dificultad que tengas para pensar puede depender de la hora del día (mañana o noche), de cómo te sientes (cansado o descansado) y de si disfrutas o no de la actividad que requiere tu esfuerzo [6].

## CONSEJOS PARA EJERCER MÁS ESFUERZO

Si tu voluntad de realizar un esfuerzo cognitivo es cambiante, entonces una pregunta muy importante es si puedes aumentar tu disposición para realizar un esfuerzo cognitivo para el examen de mañana. Bueno, la respuesta es... ¡sí! Según los conocimientos que tienes ahora, puedes probar tres sencillos consejos.

Primero, reduce todos los demás costes para el cerebro pensante [1]. Por lo tanto, elimina los distractores, como el móvil, para ayudarte a concentrarte. Para ver lo que podría suceder, echa un vistazo a la [Figura 3](#). Eliminar los distractores hace que el esfuerzo cognitivo se sienta menos costoso.

En segundo lugar, aumenta los beneficios. Por ejemplo, podrías recompensarte con un regalo después de estudiar mucho durante 1 h o podrías decirte a ti mismo que si obtienes una buena calificación, te comprarás algo bueno.

En tercer lugar, trata de aumentar tu disfrute de la tarea en sí. Por ejemplo, si no te gustan las matemáticas, usa un juego de matemáticas para hacerlo más divertido. De esta manera, incluso podrías llegar a disfrutar de los esfuerzos que dedicas a aprender matemáticas.

Con estos trucos, seguramente harás tus deberes con más facilidad. ¡Buena suerte!

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

A-WK y AD escribieron el manuscrito juntas. HH y LK proporcionaron las revisiones críticas.



### Figura 3

(A) Una curva estándar de descuento por esfuerzo: el valor de una buena nota disminuye al aumentar el esfuerzo cognitivo. La cruz roja en ambas imágenes indica un punto en el que el valor de una buena calificación es promedio, y la línea de puntos gris muestra la cantidad de estudio necesario para llegar a esa calificación de valor promedio. (B) Si eliminas los distractores, como tu móvil o la televisión, agregar más esfuerzo ahora disminuye el valor de una buena calificación con menor rapidez. Esto te llevará a estudiar más, porque el esfuerzo cognitivo se siente menos costoso.

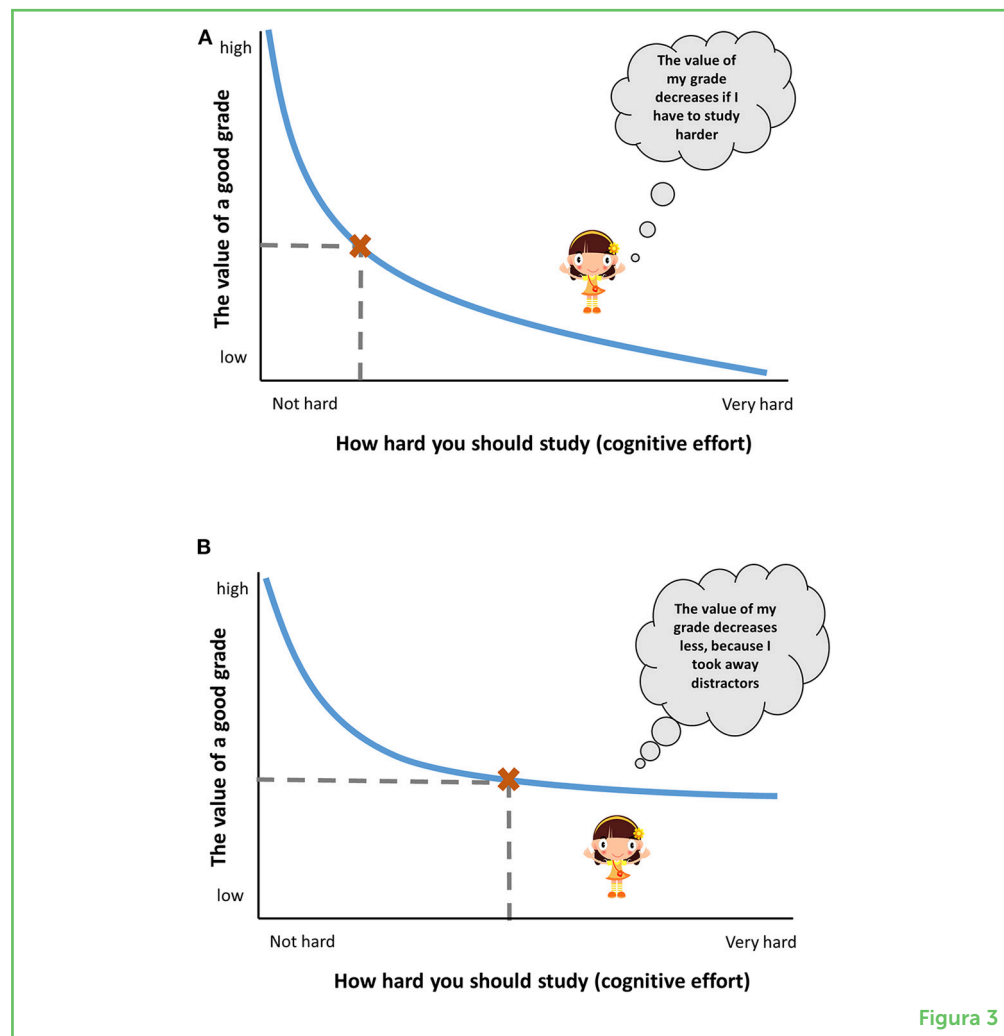


Figura 3

## AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer de todo corazón a quienes ayudaron en la traducción de los artículos de esta colección para hacerlos más accesibles a los niños fuera de los países de habla inglesa, y a la Fundación Jacobs por proporcionar los fondos necesarios para traducir los artículos. Este trabajo fue apoyado por la subvención Start Impulse a NeuroLabNL de la Dutch National Science Agenda (NWA).

## REFERENCIAS

1. Kurzban, R., Duckworth, A., Kable, J. W., and Myers, J. 2013. An opportunity cost model of subjective effort and task performance. *Behav. Brain Sci.* 36:661–726. doi: 10.1017/S0140525X12003196
2. Shenhav, A., Musslick, S., Lieder, F., Kool, W., Griffiths, T. L., Cohen, J. D., et al. 2017. Toward a rational and mechanistic account of mental effort. *Annu. Rev. Neurosci.* 40:99–124. doi: 10.1146/annurev-neuro-072116-031526

3. Parker, A. J. 2018. Fakes and forgeries in the brain scanner. *Front. Young Minds* 6:39. doi: 10.3389/frym.2018.00039
4. Sescousse, G., Caldú, X., Segura, B., and Dreher, J. C. 2013. Processing of primary and secondary rewards: a quantitative meta-analysis and review of human functional neuroimaging studies. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 37:681–96. doi: 10.1016/j.neubiorev.2013.02.002
5. Westbrook, A., Lamichhane, B., and Braver, T. 2019. The subjective value of cognitive effort is encoded by a domain-general valuation network. *J. Neurosci.* 39:3934–47. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3071-18.2019
6. Kool, W., and Botvinick, M. 2018. Mental labour. *Nat. Hum. Behav.* 2:899–908. doi: 10.1038/s41562-018-0401-9

**EDITOR:** Jessica Massonnie

**MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS:** Scott A. Huettel

**CITACIÓN:** Kramer A-W, Huizenga HM, Krabbendam L y van Duijvenvoorde ACK (2023) ¿Vale la pena? ¿Cómo decide esforzarse tu cerebro? *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00073-es

**TRADUCIDO Y ADAPTADO DE:** Kramer A-W, Huizenga HM, Krabbendam L and van Duijvenvoorde ACK (2020) Is It Worth It? How Your Brain Decides to Make an Effort. *Front. Young Minds* 8:73. doi: 10.3389/frym.2020.00073

**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses

**COPYRIGHT** © 2020 © 2023 Kramer, Huizenga, Krabbendam y van Duijvenvoorde. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

## JÓVENES REVISORES

### SEAWELL ELEMENTARY, EDAD: 10

Nuestra increíble clase en Carolina del Norte está llena de mentes brillantes que aprenden. Nos encanta ayudarnos unos a otros. ¡Pensamos, resolvemos y aprendemos! Hacemos proyectos que expanden nuestra mente y, a veces, cuando trabajamos juntos, nuestras ideas pueden complicarse, pero los resultados siempre son divertidos. ¿Una de las formas en que nos encanta ser increíbles? ¡Abrazar a nuestro editor interior! Nos encanta leer y editar, ¡y estábamos muy entusiasmados por tener la oportunidad de trabajar con Frontiers for Young Minds!



## AUTORES



### ANNE-WIL KRAMER

Soy una candidata a doctorado en la Universidad de Ámsterdam y lleno mi tiempo con una gran variedad de esfuerzos. Me gusta hacer un esfuerzo físico pedaleando por Ámsterdam y nadando (no en los canales). También me gusta dedicar un esfuerzo cognitivo, por ejemplo, jugando o pensando en cómo funcionan las cosas. A veces miro a mi gato y me pregunto por qué puede estar bien sin gastar ningún esfuerzo en todo el día. Pero, sinceramente, a veces también me siento así. Debido a ello, me preguntaba cómo funciona todo esto. Para estudiar el esfuerzo, llevamos a cabo una investigación en la que permitimos que las personas tomen decisiones sobre cuánto esfuerzo quieren invertir. \*[a.kramer@uva.nl](mailto:a.kramer@uva.nl)



### HILDE M. HUIZENGA

Soy profesora de psicología del desarrollo en la Universidad de Ámsterdam. Utilizo muchas matemáticas para estudiar cómo los niños se convierten en adultos y cómo los adultos se convierten en personas mayores. A veces pienso mucho cuando estoy frente a mi escritorio, a veces también lo hago cuando estoy corriendo, o hablando con mis hijas adolescentes o en bicicleta por Ámsterdam. Mientras iba en bicicleta se me ocurrieron las imágenes de este artículo. Espero que te gusten.



### LYDIA KRABBENDAM

Soy profesora de neuropsicología del desarrollo en la Universidad de Ámsterdam. ¡Sé todo sobre el esfuerzo cognitivo en la educación, ya que yo misma tengo tres hijos que van a la escuela! Investigo más a fondo las interacciones sociales en las aulas y cómo esto se relaciona con el desarrollo cognitivo y cerebral. Me parece un tema interesante, porque si trabajas o estudias junto con personas que te gustan, esto también puede hacer que el esfuerzo sea mucho más divertido.



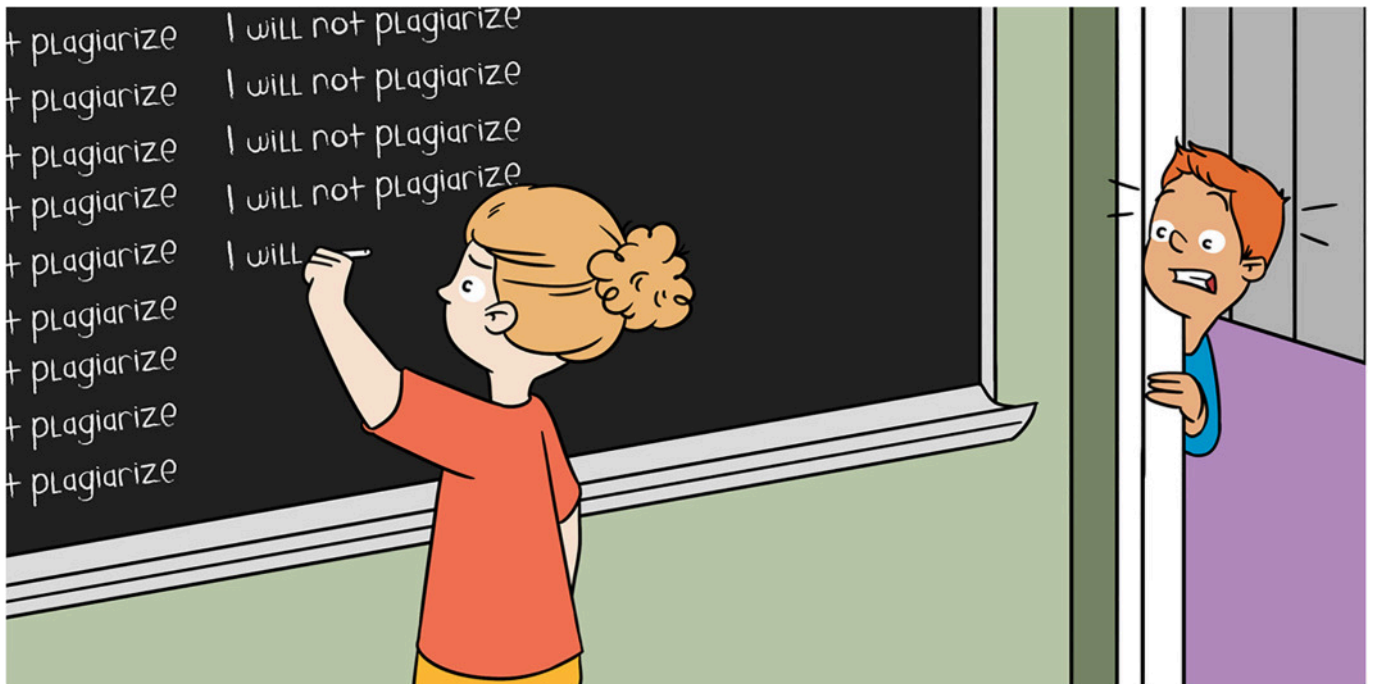
### ANNA C. K. VAN DUIJVENVOORDE

Soy profesora asociada de psicología del desarrollo y desarrollo cerebral en la Leiden University. Quiero saber todo sobre la motivación, el aprendizaje y cómo funciona el cerebro. ¿No es interesante que tu motivación cambie a medida que envejeces? ¿Acaso se relaciona con el desarrollo de tu cerebro? No siempre estuve motivada en la escuela, pero cuando pude elegir mis propios estudios de neuropsicología, lo encontré fascinante. ¡Trabajar duro ya no era difícil! Con mi trabajo, espero poder construir experiencias de motivación y ayudar a los niños a aprender.

**Spanish version provided by**

Versión en español por

**JACOBS  
FOUNDATION**  
Our Promise to Youth



## EL APRENDIZAJE SOCIAL Y EL CEREBRO: ¿CÓMO APRENDEMOS DE OTRAS PERSONAS?

**Bianca Westhoff<sup>1,2\*</sup>, Iris J. Koele<sup>1,2</sup> y Ilse H. van de Groep<sup>2,3,4</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Psicología del Desarrollo, Instituto de Psicología, Universidad de Leiden, Leiden, Países Bajos

<sup>2</sup>Instituto Leiden para el Cerebro y la Cognición, Leiden, Países Bajos

<sup>3</sup>Departamento de Psicología de Niños y Adolescentes, Centro Médico de la Universidad de Ámsterdam, Ámsterdam, Países Bajos

<sup>4</sup>Escuela Erasmus de Ciencias Sociales y del Comportamiento, Universidad Erasmus de Róterdam, Róterdam, Países Bajos

### JÓVENES REVISORES:



**ANISHA**

EDAD: 13



**ELI**

EDAD: 13



**HENRI**

EDAD: 13

Cuando piensas en aprender, probablemente piensas en cosas que se enseñan en la escuela. Pero, ¿alguna vez te has dado cuenta de que también utilizas un tipo diferente de aprendizaje a diario? Este tipo de aprendizaje se llama aprendizaje social y tiene que ver con las personas que te rodean. Es decir, aprendes de los demás y sobre ellos mirándolos e interactuando con ellos. Por ejemplo, ver los errores de otra persona puede enseñarte a evitar caer en la misma trampa. Aunque el aprendizaje social ocurre con mucha frecuencia, es posible que aún no sepas mucho al respecto. Sin embargo, el aprendizaje social es muy importante porque nos ayuda a aprender de manera más eficiente y a determinar la mejor manera de comportarnos con los demás. En este artículo, presentamos dos tipos diferentes de aprendizaje social y explicamos cómo el cerebro desempeña un papel importante.

**SARAH**

EDAD: 14

**SPANDANA**

EDAD: 12

### APRENDIZAJE SOCIAL (SOCIAL LEARNING)

Aprendizaje de una información nueva en un contexto social, con otras personas que son la fuente de esta información. Ejemplos son aprender de o sobre otras personas.

## ¿QUÉ ES EL APRENDIZAJE SOCIAL Y POR QUÉ ES IMPORTANTE?

Cuando piensas en lo más reciente que has aprendido, lo primero que te viene a la mente es probablemente algo que has aprendido en el colegio. Por ejemplo, el vocabulario en francés que necesitas saber para tu próximo examen. Aprender estas cosas puede ser útil en el futuro, pues si alguna vez vas a Francia de vacaciones, podrás preguntar por una dirección, por ejemplo.

Claramente, adquirir conocimiento (como el vocabulario en francés) puede ser bastante importante. Sin embargo, además de aprender de los libros, también puedes aprender de las personas que te rodean y sobre ellas. A ello se le llama **aprendizaje social** porque, para este tipo de aprendizaje, las personas son la fuente. La mayoría de las veces, estás rodeado de otras personas, incluidos familia, maestros y amigos de la escuela. Por lo tanto, probablemente aprendas de los demás y sobre ellos todos los días, ¡quizás sin siquiera darte cuenta!

Debido a que los seres humanos son seres sociales, el aprendizaje social es una habilidad importante. El aprendizaje social es una forma muy eficaz de aprender cosas. Por ejemplo, no tienes que averiguar todo por tu cuenta, porque aprendes de los errores y los éxitos de otras personas. Además, el aprendizaje social puede permitirte conocer mejor a los demás y, por lo tanto, comprender mejor cómo comportarte con ellos. Estas habilidades de aprendizaje social te ayudan a tener buenas relaciones con los demás, lo cual es bueno para tu bienestar.

En este artículo, explicamos dos tipos de aprendizaje social, a saber, aprender de otras personas y aprender sobre otras personas. Para demostrar que ya utilizas este tipo de aprendizaje social con frecuencia, te proporcionaremos ejemplos que puedes encontrar en la escuela. Finalmente, dado que tu cerebro tiene un papel fundamental en el aprendizaje, te explicaremos cómo funciona el aprendizaje social en el cerebro.

## ¿CÓMO APRENDEMOS DE OTRAS PERSONAS?

Un tipo importante de aprendizaje social es aprender de otra persona, observando lo que hace. La idea es que los errores y los éxitos de otras personas pueden enseñarte si debes comportarte de la misma manera o de manera diferente [1].

Por ejemplo, imagina que estás rindiendo un examen en la escuela, pero simplemente no sabes las respuestas suficientes para obtener

una buena calificación. Tu amiga está sentada a tu lado y ves que ya ha escrito sus respuestas. Podrías estar tentado a echar un vistazo rápido ... pero, de repente, a uno de tus compañeros de clase lo pillan copiando y lo castigan. ¡Ahora probablemente pensarás más negativamente sobre copiarse, porque has visto que puede conducir a un castigo! En otras palabras, has aprendido del error de otra persona que es mejor no copiarse durante una prueba.

Cuando aprendes observando a otras personas, estás aprendiendo sobre las decisiones que toman (como copiarse) y las consecuencias de esas decisiones (como el castigo). Si los resultados son positivos, es más probable que tomes la misma decisión. Sin embargo, si los resultados son negativos, probablemente tomarás una decisión diferente.

Los científicos han descubierto que a las personas se les da bien aprender sobre las mejores decisiones que pueden tomar. Sin embargo, aprendemos aún mejor si también podemos observar a otras personas aprender lo mismo [1]. Cuando observamos las elecciones de los demás, ya sea que los resultados sean buenos o malos, tenemos información adicional sobre cuál puede ser la mejor opción. Usamos esa información adicional para mejorar nuestras propias elecciones. Por lo tanto, nos beneficiamos de aprender de los demás, ya que nos ayuda a tomar mejores decisiones nosotros mismos. Esto hace que aprender de los errores y éxitos de otras personas sea más eficiente que resolver las cosas por nuestra cuenta.

## ¿CÓMO APRENDEMOS SOBRE OTRAS PERSONAS?

Acabamos de explicar que las personas aprenden de manera eficiente de otras personas al observarlas. Otro tipo frecuente de aprendizaje social es aprender sobre otras personas interactuando con ellas. Cuando aprendes sobre otras personas, aprendes cómo son y cómo se comportan. Para este tipo de aprendizaje, debes prestar atención al comportamiento de otras personas para poder utilizar esta información en decisiones futuras.

Por ejemplo, imagina que le dices a uno de tus compañeros de clase que te gusta la chica que está sentada a dos mesas de distancia. Sin embargo, resulta que tu compañero de clase no es digno de confianza, pues ¡tu secreto termina siendo transmitido a toda la clase y estás muy molesto! En este caso, es posible que hayas aprendido que es mejor no volver a contarle tus secretos.

Aunque hay muchas cosas que puedes aprender sobre otras personas, muchos científicos estudian cómo aprendemos sobre la confiabilidad de otras personas. Aprender en quién puedes confiar es muy



importante, porque te ayuda a decidir si puedes creer lo que dice una persona.

Los científicos han descubierto que, durante la adolescencia, aprendemos mejor y más rápido en quién podemos confiar y quién no merece nuestra confianza [2]. Por lo tanto, durante el desarrollo, aprendemos mejor sobre los demás. Este tipo de aprendizaje social nos ayuda a decidir cómo comportarnos con los demás, lo cual es necesario para construir buenas relaciones.

## ¿CÓMO FUNCIONA EL APRENDIZAJE SOCIAL?

Ahora que hemos introducido estos dos tipos de aprendizaje social, explicaremos cómo funciona el aprendizaje social. Cuando aprendes algo, estás actualizando lo que sabes con la nueva información. Tu cerebro participa en esta actualización y funciona como una calculadora. Es decir, tu cerebro calcula constantemente la diferencia entre lo que espera que suceda y lo que realmente sucede. Si sucede algo inesperado, el cerebro puede sorprenderse. La sorpresa se llama **error de predicción**, es decir cometiste un error en lo que predijiste que sucedería. El cerebro nota este error de predicción y se asegura de que aprendas de él, actualizando con la nueva información lo que ya sabes.

En el caso del aprendizaje social, considera el ejemplo que comentamos anteriormente, cuando le contaste a tu compañero de clase sobre tu enamorada secreta (Figura 1). Tú esperabas que guardara silencio, pero no lo hizo. Entonces, lo que sucedió fue bastante sorprendente porque fue diferente a tus expectativas. Tu cerebro nota el error de predicción y usa esta nueva información para actualizar lo que sabes sobre tu compañero de clase. Es decir, has aprendido sobre tu compañero de clase y no volverás a confiarle tus secretos tan fácilmente.<sup>1</sup>

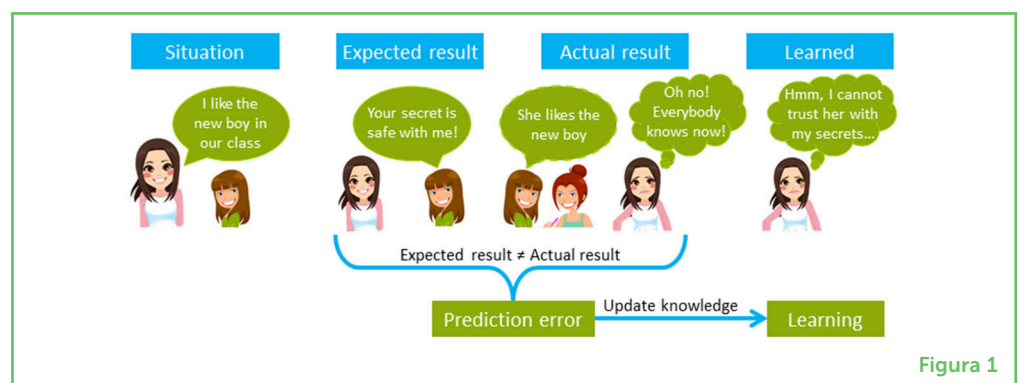
### ERROR DE PREDICCIÓN

La "sorpresa" cuando hay una diferencia entre lo que se espera que suceda y lo que realmente sucede.

<sup>1</sup> ¿Quieres saber más sobre los cálculos que hace tu cerebro cuando está aprendiendo algo? ¿Por qué no leer [3]?

### Figura 1

Los errores de predicción resultan en aprendizaje. Si hay una diferencia entre lo que esperas que suceda (resultado esperado) y lo que realmente sucede (resultado real), hay un error de predicción. Este error de predicción se utiliza para actualizar tu conocimiento, por lo que has aprendido algo nuevo.



### CUERPO ESTRIADO VENTRAL (VENTRAL STRIATUM)

Área del cerebro que está implicada, entre otras cosas, en el aprendizaje (social) porque calcula errores de predicción.

#### Figura 2

Áreas cerebrales que participan en el aprendizaje social. El cuerpo estriado ventral (en el medio del cerebro) calcula errores de predicción, y estas expectativas recién aprendidas se actualizan en la corteza prefrontal medial (CPFm, en la parte frontal del cerebro). Por lo tanto, estas dos áreas del cerebro son importantes en el aprendizaje social.

### CORTEZA PREFRONTAL MEDIAL (CPFm)

Área del cerebro implicada, entre otras cosas, en el aprendizaje social porque cuando hay un error de predicción, la CPFm actualiza tus expectativas incorrectas en el cerebro con la nueva información que has aprendido.

## ¿QUÉ PARTES DEL CEREBRO ESTÁN IMPLICADAS?

Para realizar todos los cálculos necesarios para el aprendizaje social, se utilizan varias áreas del cerebro [4]. Los científicos han descubierto al menos dos áreas del cerebro que son importantes para el aprendizaje social, llamadas **cuerpo estriado ventral** y **corteza prefrontal medial (CPFm)** (Figura 2). Hicieron estos descubrimientos utilizando un escáner de resonancia magnética para explorar el cerebro de las personas. En el Cuadro 1, puedes leer más sobre cómo funciona un escáner de resonancia magnética.

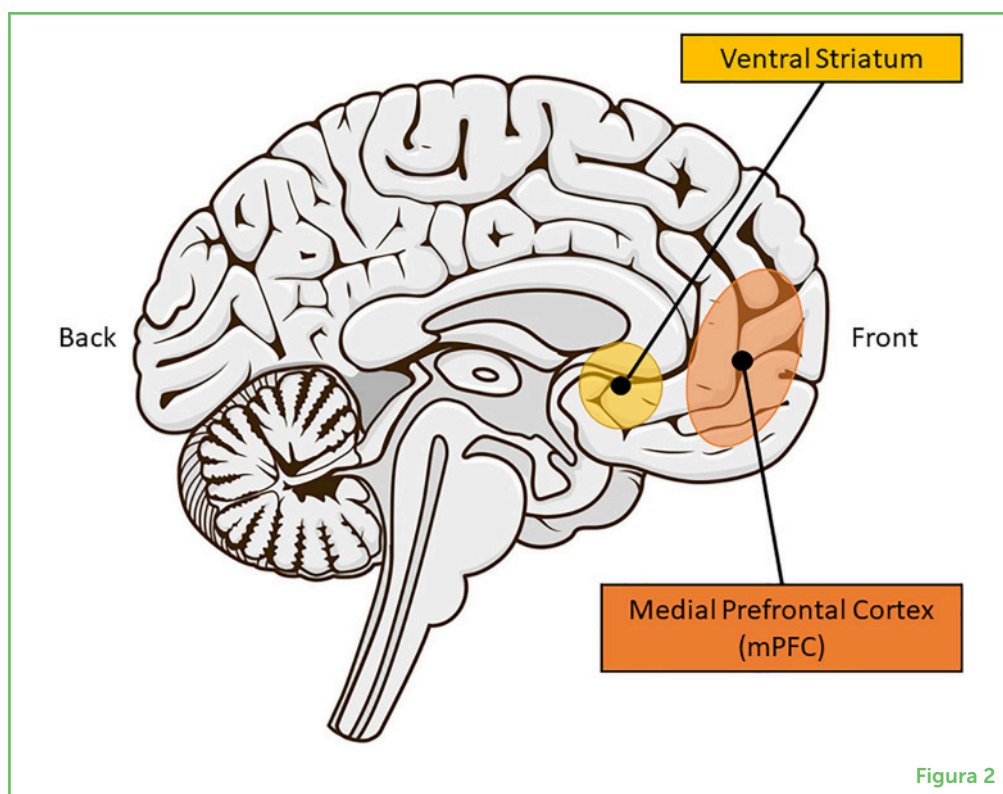


Figura 2

#### Cuadro 1 | Estudiar el cerebro: ¿cómo sabemos qué está pasando allí?

Para comprender cómo funciona el aprendizaje social, muchos científicos estudian el cerebro utilizando un escáner de resonancia magnética (RM) (Figura 3). Este escáner es un imán enorme que puede tomar imágenes del cerebro a través del cráneo. Los científicos pueden usar la resonancia magnética para tomar imágenes del cerebro de alguien, mientras esa persona está jugando un juego en el ordenador que implica aprender de otros o acerca de ellos. De esta manera, los científicos pueden averiguar qué partes del cerebro están implicadas durante el aprendizaje social. Para obtener más información sobre cómo funcionan los escáneres de resonancia magnética y cómo se utilizan para estudiar el cerebro, véase [5].

El cuerpo estriado ventral es un área en el medio del cerebro que usas cuando toma decisiones, cuando disfrutas de algo y cuando

algo es gratificante. Además, el cuerpo estriado ventral es importante para calcular los errores de predicción [4]. Por lo tanto, es un área importante del cerebro para el aprendizaje regular y social.

La CPFm es un área en la parte frontal del cerebro (detrás de la frente) que parece particularmente importante para pensar en lo que piensan los demás y para tomar decisiones que involucran a otras personas. Además, la CPFm participa en el aprendizaje: una vez que el cuerpo estriado ventral calcula los errores de predicción, tu CPFm actualiza las expectativas que tenías con la nueva información [5]. El CPFm es, por lo tanto, otra área importante del cerebro para el aprendizaje social.

### Figura 3

Los investigadores utilizan escáneres de resonancia magnética (MRI scanner) para estudiar el cerebro de las personas. Un entorno de investigación en el que un investigador (researcher) coloca a un participante en una cama que se deslizará hacia el escáner de resonancia magnética. Otros dos investigadores están detrás de una pantalla de ordenador, donde verán imágenes del cerebro del participante después de que enciendan el escáner de resonancia magnética.

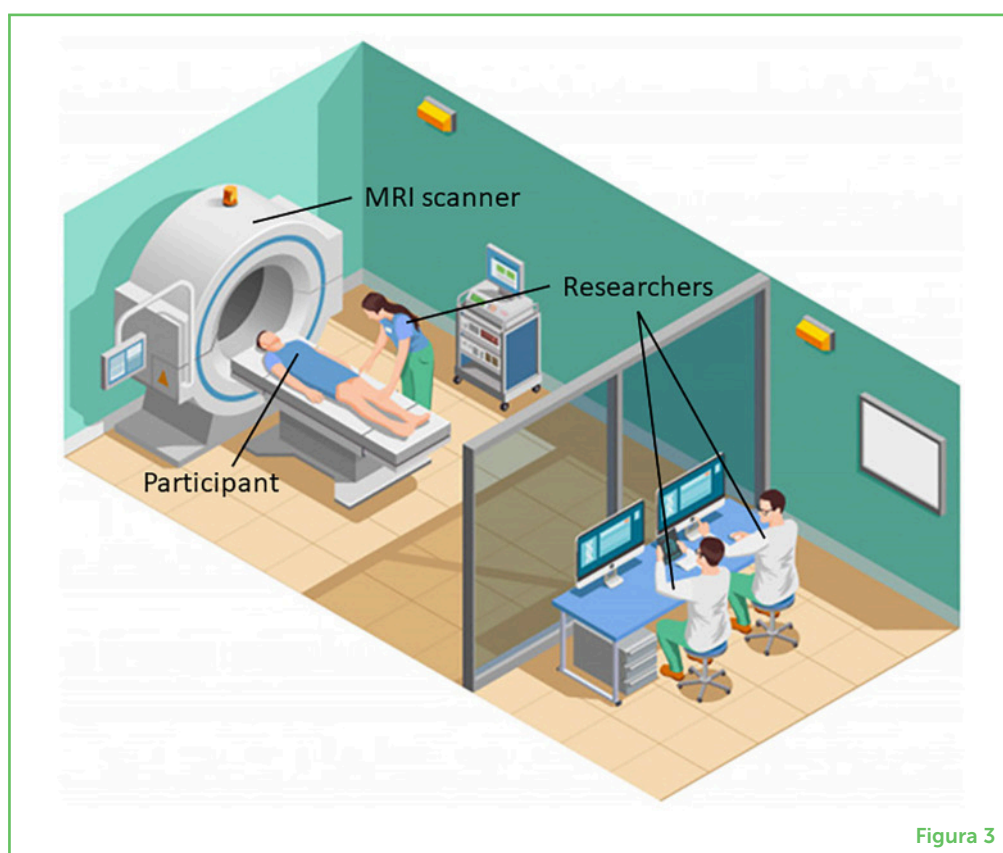


Figura 3

Entonces, el cuerpo estriado ventral y la CPFm juegan roles en el aprendizaje social. Sin embargo, es importante darse cuenta que estas áreas del cerebro están implicadas en otros comportamientos, además del aprendizaje social. Además, el cuerpo estriado ventral y la CPFm no son las únicas partes del cerebro que se utilizan durante el aprendizaje social; muchas áreas del cerebro están implicadas. Todas estas áreas del cerebro trabajan juntas y se comunican entre sí mientras aprendes en situaciones sociales complejas.

## RESUMEN: LO QUE HAS APRENDIDO SOBRE EL APRENDIZAJE SOCIAL

En este artículo, hemos explicado los dos tipos de aprendizaje social y por qué el aprendizaje social es una habilidad importante. Primero, aprender del comportamiento de otras personas y sus errores y éxitos resultantes es más eficaz que resolver las cosas por tu cuenta. En segundo lugar, aprender sobre otras personas interactuando con ellas puede ayudarte a comprender en quién puedes confiar y ayudarte a construir buenas relaciones. Cuando lo que realmente sucede no coincide con lo que predijiste que sucedería, los errores de predicción se calculan en el cerebro y estos errores de predicción conducen al aprendizaje. Los errores de predicción se calculan en el cuerpo estriado ventral, que la CPFm utiliza para actualizar la información ya almacenada en el cerebro.

Ahora que sabes más sobre el aprendizaje social, tal vez puedas pensar en tus propios ejemplos de cuándo aprendiste de otros o sobre ellos. Tal vez puedas pensar en las formas en las que el aprendizaje social te ayudó a aprender de manera más eficiente, o para decidir la mejor manera de comportarte con los demás. La próxima vez que veas o conozcas a otras personas, ¡piensa en los asombrosos cálculos que se están realizando en tu cerebro!

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a quienes ayudaron en la traducción de los artículos de esta colección para hacerlos más accesibles para los niños fuera. Fuera de los países de habla inglesa, y a la Jacobs Foundation por proporcionar los fondos necesarios para traducir los artículos. También nos gustaría agradecer a Anna van Duijvenvoorde y Marieke Bos por sus comentarios sobre una versión anterior de este artículo. BW recibió el apoyo de una subvención del Research Area (ORA) (464-15-176) financiada por la Netherlands Organization for Scientific Research (NWO), otorgada a la Dra. Anna C. K. van Duijvenvoorde. IK recibió el apoyo de la subvención NWO Westerdijk (0 1 4.0 4 1. 0 3 0), concedida a la Profra. Berna Güroglu. IG recibió apoyo del Premio Ammodo Science Award 2017 para Ciencias Sociales, otorgado a la Profra. Eveline Crone.

## REFERENCIAS

1. Bandura, A. 1977. *Social Learning Theory*. New York, NY: General Learning Press.
2. Van den Bos, W., van Dijk, E., and Crone, E. A. 2012. Learning whom to trust in repeated social interactions: a developmental perspective. *Group Process. Intergroup Relat.* 15:243–56. doi: 10.1177/1368430211418698

3. Nussenbaum, K., and Cohen, A. 2018. Equation invasion! How math can explain how the brain learns. *Front. Young Minds* 6:65. doi: 10.3389/frym.2018.00065
4. Joiner, J., Piva, M., Turrin, C., and Chang, S. W. 2017. Social learning through prediction error in the brain. *NPJ Sci. Learn.* 2:8. doi: 10.1038/s41539-017-0009-2
5. Hoyos, P. M., Kim, N. Y., and Kastner, S. 2019. How is magnetic resonance imaging used to learn about the brain? *Front. Young Minds* 7:86. doi: 10.3389/frym.2019.00086

**EDITOR:** Jessica Massonnie

**MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS:** Elizabeth Lorenc y Elizabeth Toomarian

**CITACIÓN:** Westhoff B, Koele IJ y van de Groep IH (2023) El aprendizaje social y el cerebro: ¿cómo aprendemos de otras personas? *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00095-es

**TRADUCIDO Y ADAPTADO DE:** Westhoff B, Koele IJ and van de Groep IH (2020) Social Learning And The Brain: How Do We Learn From And About Other People?. *Front. Young Minds* 8:95. doi: 10.3389/frym.2020.00095

**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2023 Westhoff, Koele y van de Groep. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

## JÓVENES REVISORES

### ANISHA, EDAD: 13

Soy estudiante de séptimo grado en la Synapse School. ¡Estoy apasionada con la neurociencia, la física cuántica, las matemáticas y el canto!



### ELI, EDAD: 13

Soy una estudiante de séptimo grado en la Synapse School. Disfruto cocinar, hornear y leer.





**HENRI, EDAD: 13**

Soy un estudiante de octavo grado en la Synapse School. Disfruto leyendo artículos de Frontiers.

**SARAH, EDAD: 14**

Soy una estudiante de octavo grado en la Synapse School que ama todo lo relacionado con las matemáticas, las ciencias o el aire libre, desde probar reacciones químicas en la cocina hasta encontrar la distancia que recorrí y mi velocidad promedio mientras esquiaba montaña abajo. Aunque me encanta correr y explorar cosas nuevas, también disfruto los momentos más simples de mi día en los que puedo sentarme con mi gato y leer. Equilibrar estas actividades me mantiene activa en la vida, pero también tranquila.

**SPANDANA, EDAD: 12**

Mi nombre es Spandana. Mi materia favorita en la escuela es la ciencia. Mi mejor amiga es la imaginación y me encanta escribir historias. Algunos de mis pasatiempos son charlar, ver televisión, jugar voleibol y dibujar. Amo a los animales y los perros son mis favoritos. Me gusta hacer preguntas. Mis colores favoritos son el verde azulado y el morado.

**AUTORES****BIANCA WESTHOFF**

Soy investigadora en la Universidad de Leiden en Países Bajos. Me interesa cómo aprendemos sobre las personas que nos rodean. Además, estudio el cerebro y cómo se desarrolla durante la adolescencia. Estoy especialmente interesada en cómo este desarrollo cerebral afecta la forma en que nos comportamos y aprendemos sobre los demás. \*[b.westhoff@fsw.leidenuniv.nl](mailto:b.westhoff@fsw.leidenuniv.nl)

**IRIS J. KOELE**

Soy investigadora en la Universidad de Leiden en Países Bajos. Estoy particularmente fascinada por la forma en la que los adolescentes aprenden de sus amigos y otros compañeros de clase, cómo estas relaciones sociales cambian con el tiempo y qué sucede en el cerebro durante este tipo de aprendizaje. Además, me interesa lo que ocurre en el cerebro cuando los jóvenes con déficit de atención e hiperactividad obtienen recompensas para ellos y sus amigos.



**ILSE H. VAN DE GROEP**

Soy investigadora en la Universidad Erasmus de Róterdam, y el CMU en Ámsterdam, Países Bajos. Me interesa comprender por qué algunas personas muestran un comportamiento antisocial persistente (como la agresión) a lo largo de sus vidas, mientras que otras no. Para poder comprender estas diferencias, miro el cerebro y el comportamiento de los adultos jóvenes que fueron arrestados por un delito cuando eran niños. Entre otras cosas, tengo curiosidad por saber si el aprendizaje social y la toma de decisiones funcionan de manera diferente en estas personas.

**Spanish version provided by**

Versión en español por





## NEUROMITOS EN EL AULA

**Victoria C. P. Knowland<sup>1,2\*</sup> y Michael S. C. Thomas<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>Laboratorio de Memoria, Lenguaje y Sueño, Departamento de Psicología, Universidad de York, York, Reino Unido

<sup>2</sup>Centro de Neurociencia Educativa, Londres, Reino Unido

<sup>3</sup>Laboratorio de Neurocognición del Desarrollo, Departamento de Ciencias Psicológicas, Birkbeck, Universidad de Londres, Londres, Reino Unido

### JÓVENES REVISORES:



**ANYA**

EDAD: 7



**DR. H.  
BAVINCK  
SCHOOL**

EDADES:  
18–12



**LIAM**

EDAD: 8

¿Alguna vez has escuchado que sólo usamos el 10% de nuestro cerebro? Es reconfortante pensar que podríamos aprovechar el poder oculto del cerebro, pero ¿es posible que la mayoría de nuestros cerebros realmente no esté haciendo nada durante todo el día? ¡No! Cada parte de tu cerebro está ocupada las 24 horas del día. Existen muchos “neuromitos”, es decir, leyendas urbanas sobre el cerebro que parecen ciertas, pero no lo son. Por lo general, hay una buena razón por la que un neuromito se ha hecho tan popular. A veces están basados en un fundamento real, pero otras simplemente son ideas que a la gente le gustaría que fueran ciertas. En este artículo, exploramos tres famosos neuromitos sobre el cerebro en crecimiento y explicamos por qué es importante entender qué es verdad y qué no. Vamos a explorar si se puede mejorar tu nivel de inteligencia, si las niñas y los niños piensan de manera diferente, y si algunas personas son “cerebros izquierdos” y otras “cerebros derechos”.

**MONICA**

EDAD: 6

**OLIVER**

EDAD: 10

**PALOMA**

EDAD: 8

## INTELIGENCIA

*Inteligencia* es una palabra que se usa a menudo para referirse a lo inteligente que es una persona. Por ejemplo, qué tan bien les va a las personas en las pruebas para medir aspectos como la resolución de problemas. Pero si le preguntas a un grupo de científicos qué es la inteligencia, probablemente todos tendrán una respuesta diferente.

## GENÉTICA

Es algo que se transmite de padres a hijos en el ácido desoxirribonucleico (ADN), por lo que el color de tu cabello está determinado por la genética, pero la longitud de tu cabello no lo está.

## ¿QUÉ ES UN NEUROMITO?

Un mito es algo que mucha gente piensa que es cierto, pero en realidad no lo es (p. ej., que el Rey Arturo fue un rey real en Inglaterra) y “neuro” nos dice que estamos hablando del cerebro. Entonces, un neuromito es una declaración sobre el cerebro que a menudo se piensa que es cierta, pero que no lo es. Hay muchos neuromitos, como que sólo usamos el 10% de nuestra mente, o que nuestro cerebro no está activo mientras dormimos. Es posible que tú te hayas topado con estas ideas y, seas consciente o no, podrían estar afectando a la forma en la que piensas sobre tu propio cerebro y a cómo aprendes en la escuela. Es importante destacar que los neuromitos también son cosas en las que tu familia y tus maestros pueden creer y que hagan que su forma de pensar sobre la mente en crecimiento esté sesgada. Los neuromitos pueden influir la forma en la que los profesores dan clase y en qué tipo de educación dan tus familiares. En este artículo vamos a explorar tres neuromitos y luego analizaremos por qué es importante saber cómo detectarlos.

## MITO # 1: LA INTELIGENCIA VIENE DE SERIE

Según este mito, que te vaya bien o mal en los exámenes, en las pruebas de **inteligencia**, etc. depende únicamente de tu **genética**. La genética son las características que heredas de tu familia; cosas como el color de ojos y la altura generalmente dependen en gran medida de tu genética. Si tu inteligencia estuviera 100% determinada por tu genética, entonces tu desempeño escolar estaría únicamente relacionado con lo bien o mal que lo hicieron tus padres en el colegio. Está claro de dónde ha salido este mito, y es que a veces los niños y las niñas se parecen mucho a sus familiares. Pero en realidad, podemos calcular en qué medida se parecen los hijos a sus padres. Si observamos a un grupo de gemelos, algunos idénticos y otros no, y nos fijamos en una habilidad específica—hacer malabarismos, por ejemplo—, se puede medir cuántas diferencias están influenciadas por la genética y cuáles dependen del entorno en el que se criaron. Sabemos que los gemelos idénticos comparten el 100% de su composición genética, mientras que los gemelos no idénticos sólo comparten el 50%. Pero ambos tipos de gemelos han vivido en un mismo entorno (la misma casa, la misma cantidad de clases de malabarismo, etc.). Si la capacidad de hacer malabarismos se parece más entre gemelos idénticos que entre gemelos no idénticos, eso nos indica que cuanto mayor es la similitud genética de los gemelos más parecida es su forma de practicar malabarismos, por lo que esa habilidad debe estar relacionada con su genética. A esta influencia genética la llamamos “*heredabilidad*”. Una heredabilidad igual a cero significa que las diferencias se deben únicamente al entorno, y una heredabilidad del 100% implica que las diferencias vienen dadas por los genes.

Gracias a la observación de gemelos, hemos podido medir cuánto tiene que ver la genética con que una persona saque mejores notas en un examen que otra. Por lo que sabemos, la genética influye al rendimiento escolar en un 60-65%. (Oliver et al. [1] lo ha comprobado en asignaturas como ciencia y matemáticas). Pero, la genética no lo es todo, ni mucho menos. Al fin y al cabo, ¡nadie aprendería mucho sin alguien que se lo enseñase!

Hay muchos factores que pueden influir en tu rendimiento escolar que no tienen nada que ver con tu contexto familiar: cosas como tener claro que puedes mejorar esforzándote más o tener buenos profesores. Todos los profesores saben que pueden ayudar drásticamente a cada uno de sus estudiantes. Un estudio lo demostró claramente: se comprobó que la capacidad de lectura estaba más influenciada por la genética en las clases con mejores profesores [2]. Si tienes un/a profesor/a desmotivado/a, esto perjudica a todos los alumnos sin importar su facilidad genética hacia la lectura. Si tienes un/a maestro/a apasionado/a, las diferencias en la capacidad de lectura están relacionadas con el potencial genético de cada persona. Imagina que cada estudiante es una planta. Las plantas deberían crecer cada una a su ritmo porque cada semilla viene de una familia de plantas diferente. Pero, si a las plantas que crecen poco no se las riega lo suficiente, no importa lo alto que sean las hojas de sus familiares, lo más probable es que no lleguen a su máximo potencial. Solo cuando una planta tiene suficiente agua (un/a gran maestro/a), puede llegar a ser tan alta como lo permite su genética (hacerlo lo mejor que pueda en la escuela). Investigaciones como el estudio sobre la lectura nos muestran que, si bien es cierto que en parte la inteligencia se transmite a nivel familiar, la forma en la que tu inteligencia se materializa depende de ti y del mundo que te rodea.

## MITO # 2: LAS NIÑAS Y LOS NIÑOS PIENSAN DIFERENTE

Se dice que las niñas nacen para ser mejores en algunas actividades del aula y los niños en otras. Existe la creencia de que las niñas sobresalen en materias creativas (como los idiomas), mientras que los niños destacan en asuntos técnicos (como las matemáticas). Se han publicado estudios científicos que muestran diferencias entre grupos de hombres y mujeres; p. ej. los hombres parecen ser mejores girando imágenes de objetos dentro de su mente. Pero, no todo el mundo considera que los hombres y las mujeres son tan diferentes. Una científica **analizó datos** de una serie de estudios que incluían un total de siete millones de personas aprox. donde se analizaron las diferencias de género en multitud de actividades, desde hablar hasta lanzar objetos [3]. Ella descubrió que más de tres cuartas partes de los estudios mostraban que las diferencias de género<sup>1</sup> eran muy pequeñas o casi inexistentes. Incluso en áreas donde la gente pensaba que había grandes diferencias, como el cálculo matemático.

### ANALIZAR

Decidir lo que el conjunto de información puede decirte.

### DATOS

Un conjunto de información.

<sup>1</sup> Usamos "género" para referirnos a las diferencias biológicas entre hombres y mujeres, en lugar de cómo las personas se ven a sí mismas.

Algo a tener en cuenta es que los estudios de diferencias grupales se centran exactamente en eso, en los grupos. Si nos fijamos en un grupo de niños, algunos de ellos serán buenos en matemáticas, la mayoría serán más o menos buenos y otros serán malos. Lo mismo ocurre con las niñas. Incluso si, como grupo, a los niños les va un poco mejor en una prueba en particular, eso no dice nada sobre ningún individuo específico (como se puede ver en la [Figura 1](#)). Los dos grupos se superpondrán considerablemente. Individualmente cualquier niño puede que lo haga mejor que muchas niñas, y cualquier niña a nivel individual puede que lo haga mejor que muchos niños.

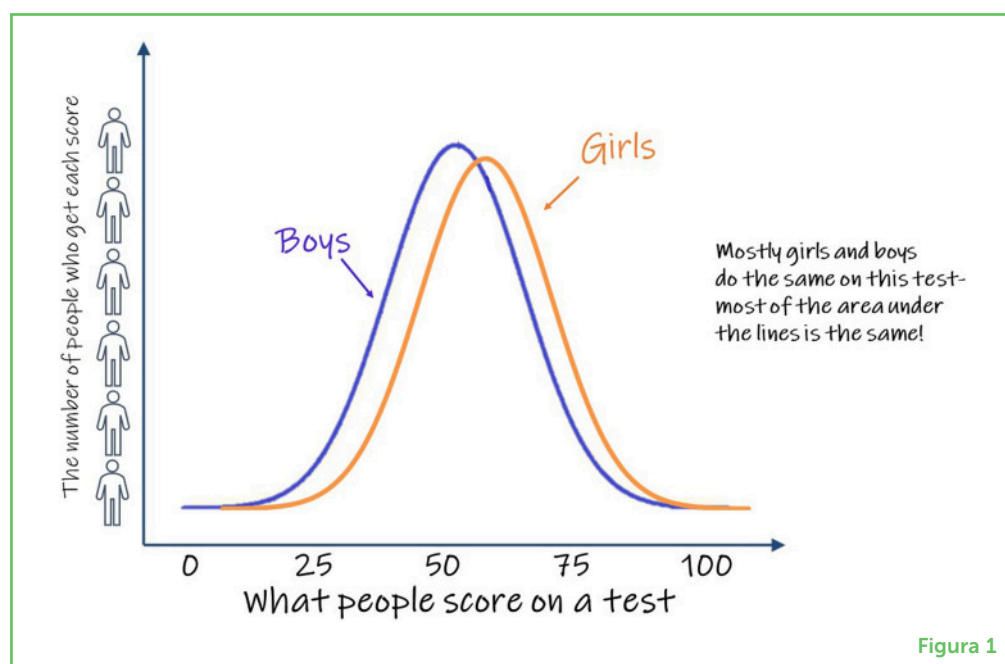
**Figura 1**

Este es un gráfico de ejemplo que muestra cómo le fue a un grupo de niñas y a un grupo de niños en una prueba de simulación. Observa cómo, a pesar de que a las niñas les va un poco mejor como grupo (la curva "niñas" está ligeramente a la derecha de "niños", lo que muestra que obtuvieron puntajes ligeramente más altos), la mayor parte de los dos grupos se superponen.

Boys = Niños

Girls = Niñas

The number of people who get each score = El número de personas que obtienen cada puntuación  
What people score on a test = La puntuación obtenida en un examen.



**Figura 1**

Entonces, si bien puede haber algunas diferencias en la forma de pensar de las niñas y los niños, esas diferencias son insignificantes y, de todos modos, la disparidad grupal no dice nada sobre ningún individuo en particular.

### **MITO # 3: ALGUNAS PERSONAS USAN EL "CEREBRO IZQUIERDO" Y OTRAS EL "CEREBRO DERECHO"**

Este mito da por hecho dos ideas: (1) asume que el cerebro se divide en una mitad izquierda lógica y prolija, y otra mitad derecha creativa y emocional; (2) entiende que las personas tienen un lado más activo que el otro, por lo que son mejores en las actividades del cerebro izquierdo o derecho.

Como hemos visto en los otros neuromitos, hay algo de verdad escondida aquí. Al observar el cerebro, una de las cosas más llamativas es que hay dos mitades muy distintas (llamadas **hemisferios**) que, en gran medida, son imágenes especulares entre sí (como se ilustra en

#### **HEMISFERIO**

La mitad de algo redondo. El cerebro tiene dos hemisferios (izquierdo y derecho), al igual que la tierra (norte y sur).



## ESPECIALIZACIÓN

Si te especializas en algo, lo haces realmente bien, como alguien podría especializarse en tocar el violonchelo. En el artículo hablamos de áreas del cerebro que se especializan en hacer una cosa, como leer palabras o mover la mano.

### Figura 2

Este es un dibujo de las dos mitades del cerebro.  
 Right = Derecho  
 Left = Izquierdo  
 Front of brain = Parte frontal del cerebro.

la Figura 2). También es cierto que diferentes áreas del cerebro se especializan en diferentes trabajos, como mover las manos o hacer que las arañas te den miedo. A veces, esa **especialización** se puede ver completamente (o en su mayoría) en un lado del cerebro, lo que se llama "*lateralización*". El ejemplo clásico es que el lenguaje (hablar y escuchar hablar a los demás) se basa en la mitad izquierda del cerebro en la mayoría de las personas. Sin embargo, incluso el lenguaje no es exclusivo del cerebro izquierdo; el cerebro derecho es importante para muchos aspectos del lenguaje. Por ejemplo, el hemisferio derecho es crucial para comprender por qué los chistes te hacen gracia una vez que el hemisferio izquierdo ha comprendido la oración [4]. Las dos mitades del cerebro casi siempre funcionan juntas de esta manera.

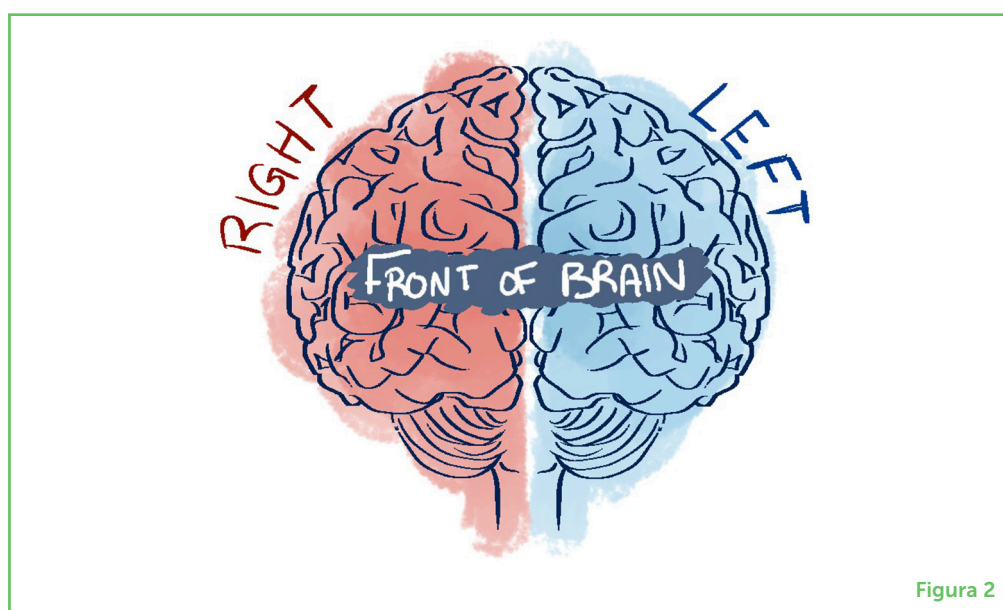


Figura 2

Aunque a menudo sí utilizamos diferentes lados del cerebro para diferentes cosas, ello no significa que las personas en realidad tengan un cerebro derecho o uno izquierdo. Un gran estudio con más de 1.000 personas mostró que, en general, las personas no tienen la mitad del cerebro más activa que la otra mitad [5]. Más bien, el sitio donde ocurre la actividad en el cerebro depende de lo que se esté haciendo. También depende de lo bueno que se sea haciendo tal tarea. Por ejemplo, los músicos tienen más sustancia cerebral en algunas partes del cerebro izquierdo en comparación con los que no son músicos [6]; pero estas diferencias se observan en áreas específicas y pequeñas del cerebro, generalmente no en un hemisferio u otro. Entonces, aunque las tareas pueden ser más del hemisferio derecho o del hemisferio izquierdo, las personas no lo son.

## ¿POR QUÉ IMPORTAN LOS NEUROMITOS?

Los neuromitos importan porque afectan los pensamientos y el comportamiento de las personas; pueden cambiar cómo nos vemos



a nosotros mismos y cómo nos vemos unos a otros. Tomemos nuevamente el ejemplo del género. Entre los 8 y los 9 años, no hay diferencia en el desempeño de las niñas y los niños en matemáticas, pero las niñas (y sus padres) califican su capacidad matemática como más baja que la de los niños [7]. Ello sugiere que lo que la gente cree (en este caso, que las niñas no son tan buenas en matemáticas) puede tener un efecto real en cómo los niños se ven a sí mismos, lo que a su vez puede afectar su desempeño real. En un estudio, cuando un grupo de estudiantes universitarios recibió una prueba de matemáticas, los hombres obtuvieron mejores resultados que las mujeres cuando se les dijo que la prueba generalmente muestra diferencias de género, pero cuando se les dijo que era una prueba justa en cuanto al género, las mujeres obtuvieron resultados tan buenos como los de los hombres [8]. Ello es importante, pues al final de la educación las diferencias que alguna vez fueron pequeñas se vuelven masivas, por ejemplo, el 94% de los profesores de matemáticas en el Reino Unido son hombres [9]. Este es un buen ejemplo de por qué debemos tener cuidado con los neuromitos, pues lo que crees sobre tu cerebro y los cerebros de quienes te rodean puede volverse realidad. Entonces, ¡comienza a creer que puedes ser sobresaliente en matemáticas!

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Escrito por VK y editado por MT.

## AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer de todo corazón a quienes ayudaron en la traducción de los artículos de esta colección para hacerlos más accesibles a los niños fuera de los países de habla inglesa, y a la Fundación Jacobs por proporcionar los fondos necesarios para traducir los artículos.

## REFERENCIAS

1. Oliver, B., Harlaar, N., Hayiou-Thomas, M. E., Kovas, Y., Walker, S. O., Petrill, S. A., et al. 2004. A twin study of teacher-reported mathematics performance and low performance in 7-year-olds. *J. Educ. Psychol.* 96:504-17. doi: 10.1037/0022-0663.96.3.504
2. Taylor, J., Roehrig, A. D., Soden-Hensler, B., Connor, C. M., and Schatschneider, C. 2010. Teacher quality moderates the genetic effects on early reading. *Science* 328:512-4. doi: 10.1126/Science.1186149
3. Shibley-Hyde, J. 2005. The gender similarities hypothesis. *Am. Psychol.* 60:581-92. doi: 10.1037/0003-066X.60.6.581
4. Marinkovic, K., Baldwin, S., Courtney, M. G., Witzel, T., Dale, A. M., and Halgren, E. 2011. Right hemisphere has the last laugh: neural dynamics of joke

- appreciation. *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.* 11:113-30. doi: 10.3758/s13415-010-0017-7
5. Nielsen, J. A., Zielinski, B. A., Ferguson M. A., Lainhart, J. E., and Anderson, J. S. 2013. An evaluation of the left-brain vs. right-brain hypothesis with resting state functional connectivity magnetic resonance imaging. *PLoS ONE* 8:e71275. doi: 10.1371/journal.pone.0071275
  6. Gaser, C., and Schlaug, G. 2003. Brain structures differ between musicians and non-musicians. *J. Neurosci.* 23:9240-5. doi: 10.1523/JNEUROSCI.23-27-09240.2003
  7. Herbert, J., and Stipek, D. 2005. The emergence of gender differences in children's perceptions of their academic competence. *J. Appl. Dev. Psychol.* 26:276-95. doi: 10.1016/j.appdev.2005.02.007
  8. Spencer, S. J., Steele, C. M., and Quinn, D. M. 1999. Stereotype threat and women's math performance. *J. Exp. Soc. Psychol.* 35:4-28.
  9. London Mathematical Society. 2013. *Advancing Women in Mathematics: Good Practice in UK University Departments*. London: London Mathematical Society.

**EDITOR:** Nienke Van Atteveldt

**MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS:** Naomi Chaytor y Silvia Riva

**CITACIÓN:** Knowland VCP y Thomas MSC (2023) Neuromitos en el aula. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00049-es

**TRADUCIDO Y ADAPTADO DE:** Knowland VCP and Thomas MSC (2020) *Neuro-Myths in the Classroom*. *Front. Young Minds* 8:49. doi: 10.3389/frym.2020.00049

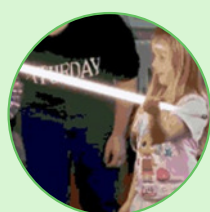
**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2023 Knowland y Thomas. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

## JÓVENES REVISORES

### ANYA, EDAD: 7

Me gusta ser activa y hacer muchos deportes con mucha ilusión y lo mejor que puedo. Mis favoritos son la natación y la gimnasia. También me gusta escuchar nuevas historias a través de libros, narraciones y películas, y me gusta crear las mías propias cuando juego. También me gustan las matemáticas, que es mi materia favorita en la escuela. Me gusta cantar y todo lo musical, y hago mis propios muffins para el desayuno siempre que puedo.





### DR. H. BAVINCK SCHOOL, EDADES: 8–12

Somos las clases de Spectrum 5–6 y 7–8 de la Bavinckschool en Haarlem, Países Bajos. Este es un grupo de 40 niños (19 en el grupo 5–6 y 21 en el grupo 7–8) que están ansiosos por aprender un poco más que lo que el programa escolar regular ofrece. Se divertieron mucho revisando para FYM, revisaron los artículos con gran enfoque y entusiasmo, e hicieron una evaluación crítica. ¡Realmente disfrutaron contribuyendo a la ciencia y ayudando!



### LIAM, EDAD: 8

Estoy en tercer grado y me encantan los peluches y mi mamá. Soy artista y me encanta esquiar. Cuando sea mayor, quiero viajar por todo el mundo y por el espacio.



### MONICA, EDAD: 6

Me gusta hacer dibujos... porque quiero expresar lo que tengo en mente. Disfruto yendo a nuevas ciudades y países. Soy extremadamente creativa y me encanta cocinar. También me gusta leer y aprender cosas acerca de niños de todo el mundo. Me gustan los deportes como nadar y patinar.



### OLIVER, EDAD: 10

Estoy en quinto grado y amo la robótica, las matemáticas y las ciencias. Acabo de empezar a aprender a tocar la trompeta. No puedo esperar a que comience la temporada de esquí. ¡Cuando sea mayor, quiero ser astronauta y viajar a Marte!



### PALOMA, EDAD: 8

Hola, me llamo Paloma, y mis cosas favoritas son la escuela y viajar, porque me gusta aprender cosas nuevas. La ciencia es mi asignatura favorita porque es realmente interesante y tengo un gran profesor. ¡También disfruto mucho leyendo novelas gráficas porque son divertidas! También estoy muy preocupada por la contaminación y la conservación del agua y espero que un día pueda encontrar soluciones a estos problemas.

## AUTORES



### VICTORIA C. P. KNOWLAND

Vic es investigadora de la University of York. Su trabajo es tratar de comprender cómo el sueño en la infancia puede ser importante para aprender el lenguaje. Ella está interesada en cómo y por qué las habilidades lingüísticas de los niños son diferentes entre sí, por ejemplo, por qué algunos niños pueden saber más palabras que otros. También está interesada en cómo apoyar a los niños que encuentran

un desafío en la comunicación. Junto con Michael, Vic ha escrito una serie de artículos breves sobre neuromitos que son relevantes para el aprendizaje en el aula. \*[victoria.knowland@york.ac.uk](mailto:victoria.knowland@york.ac.uk)



### MICHAEL S. C. THOMAS

Michael es profesor de neurociencia cognitiva en Birkbeck, Universidad de Londres. Es el director del Centro de Neurociencia Educativa de la Universidad de Londres (<http://www.educationalneuroscience.org.uk/>). Utiliza diferentes métodos para comprender cómo funciona el cerebro y cómo las personas difieren en su forma de pensar, incluidas aquellas con dificultades de desarrollo como el autismo. Dentro de la neurociencia educativa, su trabajo incluye comprender cómo aprenden los niños ciencia y matemáticas, investiga cómo usar el móvil podría cambiar los cerebros de los adolescentes.

### Spanish version provided by

Versión en español por





## ES COMPLICADO: CUANDO SE APRENDE Y ENSEÑA NO SE TRATA DE “ESTILOS DE APRENDIZAJE”

**Breanna C. Lawrence<sup>1\*</sup>, Burcu Yaman Ntelioglou<sup>2</sup> y Todd Milford<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Psicología Educativa y Servicios de Estudiantes, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Brandon, Brandon, MB, Canadá

<sup>2</sup>Departamento de Currículo y Pedagogía, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Brandon, Brandon, MB, Canadá

<sup>3</sup>Departamento de Currículo e Instrucción, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Victoria, Victoria, BC, Canadá

### JÓVENES REVISORES:



**EMILY**  
EDAD: 11



**MIHAJLO**  
EDAD: 16

Los estilos de aprendizaje son quizás uno de los mitos más difundidos y creídos en la educación. La idea se basa en la afirmación de que todos los estudiantes pueden clasificarse de acuerdo con su estilo de aprendizaje particular, y que aprenden mejor cuando los maestros combinan la enseñanza con el estilo preferido del estudiante. Esta teoría popular ha sido descartada como falsa por muchos científicos del aprendizaje. La teoría de estilos de aprendizaje reduce los métodos avanzados y complejos, como la enseñanza y el aprendizaje, a categorías demasiado simples y etiqueta a los estudiantes de manera que su potencial se puede ver limitado. Los estudios realizados por científicos acerca del cerebro y la educación han descubierto que el aprendizaje y la enseñanza son mucho más complicados que simplemente hacer coincidir la enseñanza con el estilo de aprendizaje de un estudiante.

## ESTILOS DE APRENDIZAJE

Una teoría acerca de que se puede clasificar a las personas según su estilo de aprendizaje preferido, por ejemplo, visual, auditivo o o cinestético, y que se aprende mejor cuando se combina la forma en que se enseña con el estilo de aprendizaje preferido.

## NEUROCIENTÍFICOS

Científicos que estudian el cerebro y cómo afecta al pensamiento y al comportamiento.

## NEUROMITO

Creencia falsa muy extendida sobre cómo funciona el cerebro.

## NEUROCIENCIA

El estudio científico de la estructura y la función del cerebro y del sistema nervioso.

## ¿QUÉ AFIRMA LA IDEA DE LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE?

Es posible que hayas escuchado a algunos profesores afirmar que los estudiantes tienen distintos **estilos de aprendizaje**. Por ejemplo, quizás hayan dicho que algunas personas son “estudiantes visuales” que prefieren aprender viendo; que otros estudiantes son “estudiantes auditivos” que aprenden mejor escuchando, o “estudiantes cinestéticos” que aprenden mejor haciendo. Tal vez incluso hayas realizado una encuesta o una prueba para descubrir tu estilo de aprendizaje. Mucha gente cree que todos los estudiantes pueden clasificarse de acuerdo con sus estilos de aprendizaje preferidos, y que los estudiantes aprenden mejor cuando los profesores combinan la forma en la que enseñan con el estilo de aprendizaje preferido del estudiante. Aunque la teoría de los estilos de aprendizaje es muy popular, muchos **neurocientíficos** han demostrado su falsedad. A pesar de la evidencia que sugiere que los estilos de aprendizaje no son ciertos, muchos educadores todavía creen en ellos [1]. La idea de estilos de aprendizaje es un ejemplo de **neuromito**, es decir, una creencia falsa muy extendida sobre cómo funciona el cerebro. En este artículo, describiremos por qué la afirmación de los estilos de aprendizaje es un neuromito y comentaremos por qué podría ser perjudicial creer en este mito. También vamos a explicar cómo la **neurociencia**, que es el estudio del funcionamiento del cerebro, nos ayuda a entender las complejidades de la enseñanza y del aprendizaje.

## ¿POR QUÉ LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE SON UN NEUROMITO?

La idea de los estilos de aprendizaje carece de evidencia científica que la respalde. Sin embargo, muchos profesores y gran parte de la población en general creen que existen estilos de aprendizaje. Los estilos de aprendizaje son quizás uno de los neuromitos más extendidos [2]. Un grupo de investigación [3] descubrió que más del 90% de los profesores cree en los estilos de aprendizaje, y otro [4] mostró que más del 60% de los profesores piensa que enseñar a los estudiantes según los estilos de aprendizaje ayuda a los estudiantes a aprender.

Aparentemente, muchas personas creen con facilidad afirmaciones no probadas si estas parecen incluir datos de neurociencia. Los estilos de aprendizaje son un ejemplo de una herramienta educativa que parece correcta porque contiene partes que son ciertas.<sup>1</sup> Por ejemplo, las personas tienen preferencias sobre cómo aprenden o sobre las formas en las que les gusta aprender. Presentar información de varias formas diferentes es una práctica educativa importante que los profesores aprenden en la universidad. Sin embargo, ello no significa que hacer coincidir la enseñanza con la forma de aprendizaje preferida de un

<sup>1</sup> Véase [danielwillingham.com](http://danielwillingham.com)



estudiante mejore realmente su comprensión, ya que el cerebro no funciona de esa manera.

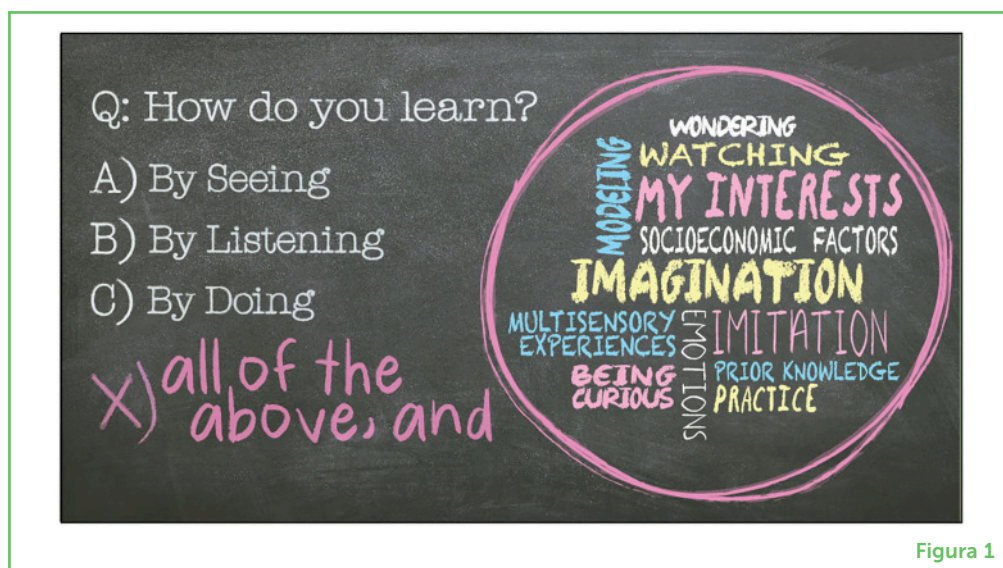
## ¿POR QUÉ ES PERJUDICIAL EL NEUROMITO DE LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE?

Crear en los estilos de aprendizaje puede ser perjudicial porque esta teoría reduce métodos complejos como la enseñanza y el aprendizaje a categorías demasiado simples y etiqueta a los estudiantes de manera que su potencial se pueda ver limitado (véase la [Figura 1](#)). Resulta interesante suponer que los estudiantes podrían aprender más fácilmente si la enseñanza simplemente se cambiara para adaptarse a los estilos de aprendizaje individuales, pero la forma en que el cerebro procesa la información es más complicada que eso.

**Figura 1**

Gráfico informativo sobre cómo se aprende. El gráfico informativo ilustra cómo la manera en la que aprendes no puede reducirse o categorizarse fácilmente. Creado por Brendon Ehinger (<http://ehinger.ca/>).

How do you learn ? =  
¿Cómo aprendes?  
By seeing = Mirando,  
By listening =  
Escuchando,  
By doing = Haciendo,  
All of the above = con  
todo lo anterior, y.



**Figura 1**

Imagina que has determinado que eres un estudiante visual, lo que significa que prefieres las instrucciones que se presentan visualmente. En la clase de francés, estás trabajando para desarrollar tu acento y tu capacidad de conversación. Lees y ves muchos ejemplos escritos de conversaciones, incluso con signos fonéticos (las palabras se escriben como suenan), pero tu preferencia por la información visual realmente no te está ayudando a hablar mejor francés. Te cuesta pronunciar muchas palabras y entender lo que dice un hablante de francés. Tu estilo de aprendizaje, “estudiante visual”, no parece ayudarte a aprender mejor en esta situación. Aprender un idioma y practicarlo requiere el uso coordinado de ver, oír y hacer. Además de estas tres habilidades, la memoria, la emoción, la motivación, el pensamiento y la imaginación son partes importantes del proceso de aprendizaje [5]. A menudo los profesores no pueden tratar de limitar su enseñanza a estilos de aprendizaje específicos, y podría ser potencialmente perjudicial para el aprendizaje

si lo intentasen; ¡podría crear mucha frustración! Pedimos a los profesores que sean extremadamente cautelosos con el neuromito de los estilos de aprendizaje, porque ninguna evidencia científica demuestra que enseñar con estilos específicos realmente mejore el aprendizaje.

En cambio, el aprendizaje ocurre de manera conectada. Cuando recuerdas un dato, procesas la información con varios sentidos, combinas lo que has escuchado, dicho, recordado, visto, sentido u oído. Por lo tanto, si los profesores creen en estilos de aprendizaje que afirman e intentan limitar a los estudiantes a un estilo de aprendizaje en particular, esto podría reducir significativamente qué sentidos y procesos se utilizan para el aprendizaje, lo que afectaría a la capacidad de algunos estudiantes para aprender nueva información.

## LA NEUROCIENCIA NOS AYUDA A COMPRENDER LA COMPLEJIDAD DE ENSEÑAR Y APRENDER

La neurociencia nos ayuda a comprender la complejidad de cómo el cerebro crece y cambia cuando aprende. Los profesores deben saber que la investigación en neurociencia indica que el aprendizaje se basa en la experiencia, no en los estilos de aprendizaje. Por lo tanto, aprender sobre neurociencia ayuda a los profesores a enseñar mejor en el aula. En la universidad, los profesores aprendemos que el cerebro tiene **plasticidad** y, por tanto, se adapta a nuestras experiencias. Por ello, los profesores deben exponer a los estudiantes a múltiples experiencias, de muchas maneras diferentes, y también tomar en consideración los conocimientos, las habilidades y los intereses previos de los estudiantes. Los eventos diarios de nuestras vidas y las lecciones que aprendemos en las aulas crean **redes neuronales** que nos ayudan a usar y recordar lo que hemos aprendido. Una red neuronal consta de muchas células cerebrales interconectadas, llamadas **neuronas**. Cuando el ser humano nace, cuenta con un pequeño porcentaje de la red neuronal, y la mayoría de esta se crea con las experiencias de la vida.<sup>2</sup> Las exploraciones y las prácticas significativas fortalecen las redes neuronales y ayudan a los estudiantes a sentirse más seguros, capaces y conectados con lo que están aprendiendo. En respuesta a las experiencias, se forman neuronas y, finalmente, redes completas de conexiones pueden especializarse para funciones como hablar otro idioma. Por tanto, a medida que aprendemos cosas nuevas, nuestro cerebro se adapta creando nuevas conexiones entre neuronas, cambiando la red neuronal. Aprender requiere tiempo y práctica, al igual que aprender un nuevo idioma: cuanto más practiques y más expuesto estés a él, más eficiente será en el procesamiento y la ejecución de habilidades como hablar y comprender.

### RED NEURONAL

Consta de muchas neuronas interconectadas.

<sup>2</sup> Ver <https://human-memory.net/brain-neurons-synapses/>

## EL APRENDIZAJE ES COMPLEJO

El neuromito de los estilos de aprendizaje puede ser muy problemático, ya que reduce el proceso de aprendizaje y enseñanza a procesos demasiado simples que en realidad no ayudan a los estudiantes a aprender de manera más eficiente. Aunque se ha demostrado que esta teoría es falsa, mucha gente aún cree en ella. Los estilos de aprendizaje son uno de los neuromitos más populares entre los profesores. Es importante recordar que el aprendizaje implica en realidad procesos de pensamiento subyacentes y se basa en nuestras experiencias. Sabemos que el centro de aprendizaje es el conocimiento anterior, las capacidades y los intereses de los estudiantes, no los estilos de aprendizaje. El proceso de aprendizaje y las formas en que nuestros cuerpos y cerebros están interconectados es **polifacético**, y los científicos que estudian el aprendizaje aún están descubriendo y comprendiendo cómo funcionan estos procesos. Los alumnos deben estar expuestos a una variedad de tareas, y la información debe presentarse de múltiples maneras. Las formas en que se presenta la información serán significativas no solo para lo que se aprende (como un nuevo idioma), sino también para el alumno.

Esperamos que hayas comprendido que la enseñanza es mucho más complicada que la simple asignación de un estudiante a un estilo de aprendizaje.

## AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer de todo corazón a quienes ayudaron en la traducción de los artículos de esta colección para hacerlos más accesibles a los niños fuera de los países de habla inglesa, y a la Fundación Jacobs por proporcionar los fondos necesarios para traducir los artículos.

## REFERENCIAS

1. Riener, C., and Willingham, D. 2010. The myth of learning styles. *Change* 42:32–35. doi: 10.1080/00091383.2010.503139
2. Newton, P. M. 2015. The learning styles myth is thriving in higher education. *Educ. Psychol.* 6:1908. doi: 10.3389/fpsyg.2015.01908
3. Dekker, S., Lee, N. C., Howard-Jones, P., and Jolles, J. 2012. Neuromyths in education: prevalence and predictors of misconceptions among teachers. *Front. Psychol.* 3:429. doi: 10.3389/fpsyg.2012.00429
4. Dandy, L., and Bendersky, K. 2014. Student and faculty beliefs about learning in higher education: implications for teaching. *Int. J. Teach. Learn. High. Educ.* 26:358–80. Available online at: <http://www.isetl.org/ijtlhe/>
5. Geake, J. 2008. Neuromythologies in education. *Educ. Res.* 50:123–33. doi: 10.1080/00131880802082518

**EDITOR:** Nienke Van Atteveldt

**MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS:** Tijana Bojić y Vladimir Litvak

**CITACIÓN:** Lawrence BC, Yaman Ntelioglou B y Milford T (2023) Es complicado: Cuando se aprende y enseña no se trata de "estilos de aprendizaje". Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2020.00110-es

**TRADUCIDO Y ADAPTADO DE:** Lawrence BC, Yaman Ntelioglou B and Milford T (2020) It is Complicated: Learning and Teaching Is Not About "Learning Styles". Front. Young Minds 8:110. doi: 10.3389/frym.2020.00110

**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2023 Lawrence, Yaman Ntelioglou y Milford. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

## JÓVENES REVISORES

### EMILY, EDAD: 11

Me llamo Emily y soy una aspirante a abogada y astronauta de once años. Vivo en Londres, Inglaterra, y este año pasaré a la escuela secundaria. Mi asignatura favorita es la literatura inglesa. En mi tiempo libre disfruto de la natación, del baile irlandés y de la lectura de Harry Potter.



### MIHAJLO, EDAD: 16

¡Hola! Me llamo Mihajlo y soy estudiante de segundo año en el Tercer Liceo de Belgrado. Lo que más me gusta de la ciencia es que nunca se sabe lo que va a pasar al final. Lo que me impulsa a la neurociencia es lo poco que sabemos sobre el cerebro y el sistema nervioso y que hay muchas cosas esperando ser descubiertas por nosotros, científicos apasionados. Me gusta aprender cosas nuevas, esa es la razón por la que investigo tanto con mi mentor científico.



## AUTORES



### BREANNA C. LAWRENCE

Breanna es profesora de psicología educativa (el estudio de la enseñanza y el aprendizaje) y asesora educativa. Enseña a los estudiantes que quieren ser profesores las teorías del aprendizaje y el desarrollo de niños y adolescentes, y también a los profesores a convertirse en consejeros escolares. Breanna investiga temas relacionados con la resiliencia infantil y juvenil, un tema que conoce gracias a su experiencia profesional trabajando en centros educativos y de salud mental con familias en la última década. Le encantan los atardeceres en las praderas y las aventuras al aire libre con su marido y sus dos hijos. \*[lawrenceb@brandonu.ca](mailto:lawrenceb@brandonu.ca)



### BURCU YAMAN NTELIOGLOU

Burcu es profesora de educación en la Universidad de Brandon, Canadá. Enseña a estudiantes que desean convertirse en profesores y ofrece cursos de posgrado a profesores y directores que quieren mejorar su enseñanza. Burcu defiende la diversidad y la equidad en la educación y está interesada en cómo los estudiantes desarrollan sus idiomas y alfabetizaciones en un mundo cada vez más globalizado. A Burcu le gusta ver muchos partidos de *hockey* sobre hielo en su tiempo libre, ya que es la orgullosa madre de dos jugadores de este deporte: Deniz (16) y Derin (10).



### TODD MILFORD

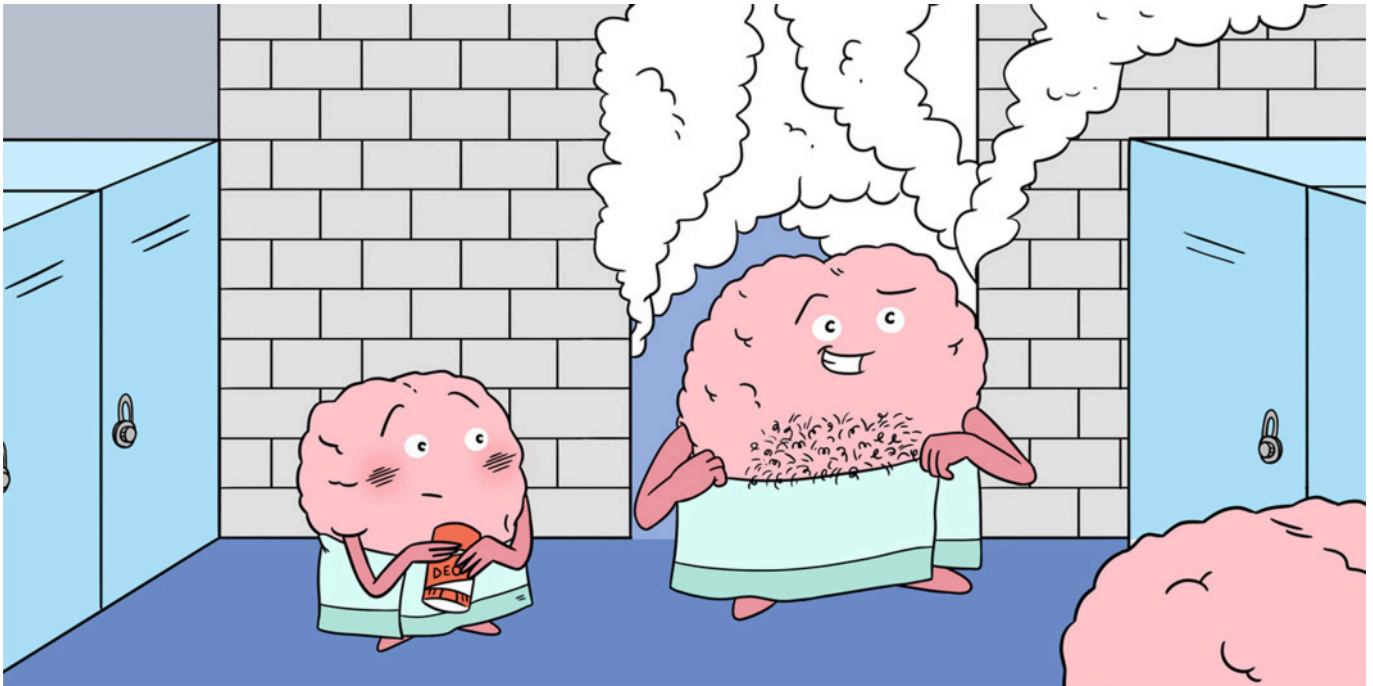
Todd M. Milford es profesor asociado en educación científica de la Universidad de Victoria y presidente del Departamento de Currículo e Instrucción. Anteriormente fue profesor en el Grupo de Arte, Derecho y Educación en Griffith, Universidad de Brisbane, Australia. Le gusta andar en bicicleta y jugar al baloncesto en la calle frente a su casa.

### Spanish version provided by

Versión en español por







## TU CEREBRO EN LA PUBERTAD

**Marjolein E. A. Barendse\*, Theresa W. Cheng y Jennifer H. Pfeifer**

Laboratorio de Neurociencia Social del Desarrollo, Departamento de Psicología, Universidad de Oregón, Eugene, OR, Estados Unidos

### JOVEN REVISOR:



**BENJAMIN**

EDAD: 11

La pubertad es una parte normal del desarrollo que se manifiesta de forma distinta en cada persona. La pubertad llega antes para unos que para otros, y pasa más rápido para unos que para otros. Por ello, los niños pueden tener la misma edad pero ser muy distintos unos de otros: sus cuerpos crecen a un ritmo diferente. Sin embargo, los investigadores han descubierto que la pubertad no solo cambia el cuerpo, sino también el cerebro. Esto se debe a que la pubertad implica cambios hormonales que también afectan a las células del cerebro y cambian la forma en que este aprende y crece. Estos cambios son útiles porque ayudan a moldear el cerebro para nuevas formas de aprendizaje. Pero también pueden ocultar algunos obstáculos y hacer que asumas ciertos riesgos que no son precisamente una buena idea. En este artículo explicamos qué le hace la pubertad al cerebro y por qué estos cambios cerebrales son importantes para prepararte para la edad adulta.



## HORMONAS

Pequeños mensajeros que viajan por el flujo sanguíneo a diversas partes del cuerpo. La testosterona y el estradiol son dos hormonas importantes para la pubertad.

## RECEPTOR

Estructura dentro o sobre una célula a la que se puede adherir una hormona u otro mensajero.

### Figura 1

Célula cerebral y todas sus partes. El cuadro es una vista ampliada de cómo las hormonas se pueden unir a los receptores en o sobre la célula. En azul está la mielina, una lámina protectora que envuelve el axón y permite que las señales viajen más rápido. End of axon of other brain cell = extremo del axón de otra neurona.

## ¿QUÉ ES LA PUBERTAD Y QUÉ SON LAS HORMONAS?

La pubertad es una parte normal del desarrollo que comienza con la adolescencia. Cuando piensas en la pubertad, piensas en granos, olor corporal y crecimiento del vello, entre muchos otros cambios, que a veces son incómodos. Pero ¿sabes qué pasa en tu cuerpo que causa estos cambios? El cerebro envía señales al cuerpo para que comience la pubertad mediante mensajes en forma de **hormonas**. Las hormonas son pequeñas moléculas producidas por el cuerpo que viajan por el flujo sanguíneo a diversas partes del cuerpo, incluido el cerebro. Las hormonas son importantes para transmitir mensajes a larga distancia por el cuerpo, de modo que los diferentes órganos puedan comunicarse entre sí. Cuando una hormona llega a su destino, se adhiere a lo que se conoce como **receptor** sobre o en una célula (véase la **Figura 1**). Esto desencadena una respuesta en la célula que puede influir en su comportamiento e incluso en su supervivencia. La respuesta de la célula depende del tipo de célula y del tipo de hormona.

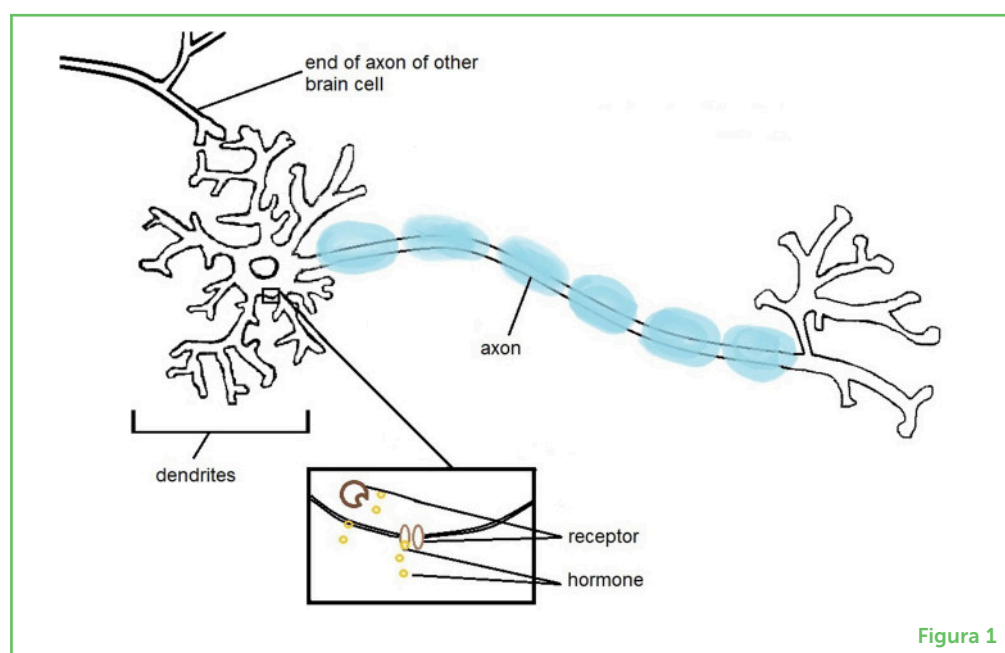


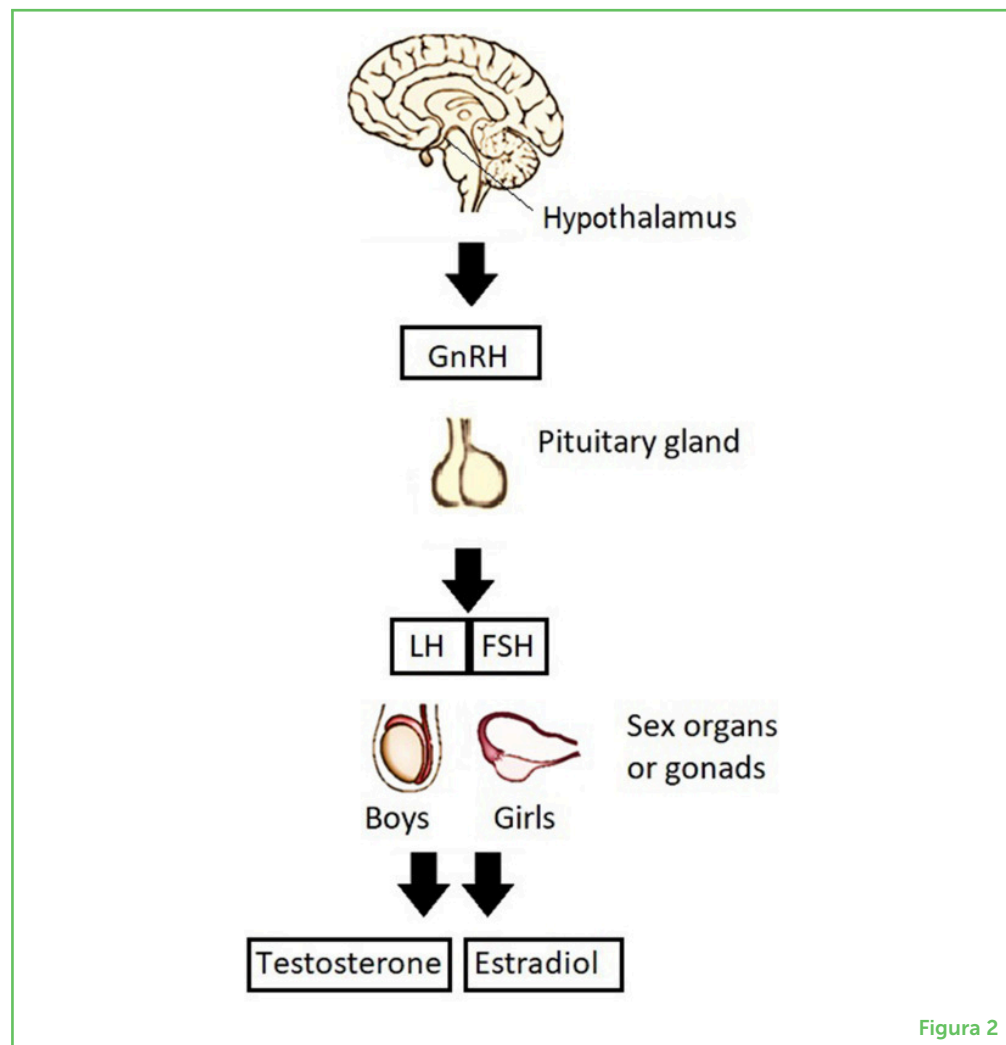
Figura 1

Las hormonas son realmente importantes para que comience el proceso de la pubertad. Esto se debe a que la pubertad empieza cuando el cerebro le indica al cuerpo que produzca más hormonas. La **Figura 2** explica cómo funciona esto.

La testosterona y el estradiol son dos hormonas importantes que causan muchos de los cambios corporales que las personas asocian con la pubertad. Las concentraciones de testosterona aumentan mucho más en los niños, mientras que el estradiol aumenta más en las niñas. La testosterona puede, entre otros, viajar a las células ciliadas, dando lugar a un cabello más oscuro y grueso y al crecimiento del vello en axilas o rostro. El estradiol es importante para el desarrollo

## Figura 2

Esta figura muestra cómo una señal del cerebro conduce a un aumento de las hormonas de la pubertad, que comienza en una región del cerebro denominada hipotálamo. Esta región produce una hormona llamada GnRH, que viaja a la glándula pituitaria, un pequeño órgano situado en la parte inferior del cerebro. En la hipófisis se producen otras hormonas (LH y FSH), que viajan a los órganos sexuales o gonadas (los testículos en los cuerpos masculinos y los ovarios en los cuerpos femeninos) y producen testosterona y estradiol.



de las mamas en las niñas. Tanto la testosterona como el estradiol también son importantes para la fertilidad, permitiendo así que las personas tengan hijos.

La edad a la que ocurre todo este proceso varía mucho de una persona a otra. En promedio, las niñas tienden a comenzar la pubertad alrededor de los diez años, mientras que los niños comienzan un año después. Algunas de las diferencias individuales se basan en los genes, pero también están en parte relacionadas con experiencias anteriores de la niñez. Por ejemplo, los niños que han pasado por muchas experiencias estresantes al principio de su vida tienden a atravesar la pubertad a una edad más temprana.

## LAS HORMONAS PUEDEN CAMBIAR LA ORGANIZACIÓN DEL CEREBRO Y EL COMPORTAMIENTO DE LAS CÉLULAS CEREBRALES

Las hormonas como la testosterona y el estradiol pueden adherirse a las células cerebrales. Una célula cerebral es distinta de las células de

### DENDRITA

Parte de la célula cerebral que recibe señales de otras células.

### AXÓNS

Parte de la célula cerebral que envía señales a otras células.

### AMÍGDALA

Pequeña región situada cerca de la parte inferior del cerebro que es importante para procesar emociones como el miedo.

otras partes del cuerpo: tiene un cuerpo celular, pero también partes similares a cables que sobresalen (véase la [Figura 1](#)). A menudo, las células cerebrales tienen “cables” más cortos, llamados **dendritas**, para recibir señales de otras células, y “cables” más largos, llamados **axones**, para enviar señales a otras células.

Las hormonas pueden influir en las células cerebrales sobre todo de dos maneras [1].

En primer lugar, las hormonas pueden influir en la organización del cerebro, aunque estos cambios tardan cierto tiempo en producirse. Los cambios de la organización del cerebro pueden incluir cambios en la cantidad de células o en el tamaño y la forma de las dendritas o los axones. La testosterona, por ejemplo, influye en el desarrollo de nuevas células en una región del cerebro denominada **amígdala** medial. Debido a que los niños producen más testosterona durante la pubertad, esta región crece más en los niños que en las niñas [2]. Esto se descubrió en un estudio realizado con animales, pero las investigaciones en humanos en las que se analizaron las concentraciones hormonales y el tamaño de la amígdala sugieren que funciona de la misma manera en los humanos.

En segundo lugar, una hormona puede influir en la forma en la que las células cerebrales se activan como respuesta a una situación o un entorno. Las hormonas pueden permitir o evitar que una célula intercambie señales con otras células. Esto también puede provocar cambios a largo plazo en las células cerebrales. Por ejemplo, los niveles de testosterona en ratones (y en humanos) aumentan durante una competición o pelea. Un estudio demostró que los ratones que ganan una pelea desarrollan más receptores de testosterona en las regiones del cerebro que son importantes para la recompensa y el comportamiento social [3]. Estos nuevos receptores también podrían alterar el comportamiento del ratón en la próxima pelea. Esto muestra un proceso en el que las experiencias, como ganar una pelea, y las hormonas trabajan juntas para conformar el desarrollo del cerebro. Este proceso es especialmente importante durante la pubertad, cuando el nivel hormonal es más alto que en la infancia, y el cerebro aún está en desarrollo.

Todavía hay mucho que desconocemos sobre cómo las hormonas influyen en la organización y las acciones de las células cerebrales de los humanos. Sabemos que estos efectos no son los mismos en los niños que en las niñas, ni entre las distintas regiones del cerebro. Los investigadores están empezando a darse cuenta de cómo los cambios en el cerebro relacionados con las hormonas son importantes para el comportamiento y el aprendizaje, por lo que quedan muchas preguntas sin responder.

## LA PUBERTAD PUEDE HACER MÁS DIFÍCIL APRENDER ALGUNAS COSAS, PERO MÁS FÁCIL APRENDER OTRAS

Los niños pueden aprender ciertas cosas mejor que los adolescentes o los adultos. Por ejemplo, los niños pequeños son especialmente buenos aprendiendo idiomas. Pero después de los 9-11 años, es mucho más difícil aprender un segundo idioma. Ello se debe probablemente a cambios en la forma en que el cerebro procesa el habla y otra información del lenguaje. En un estudio se analizó el papel de la pubertad en estos cambios. Los investigadores hicieron que los niños escucharan un idioma “extranjero” ficticio y estudiaron cómo el cerebro intentaba darle sentido [4]. La actividad en varias regiones del cerebro importantes para el lenguaje cambiaba a medida que los niños crecían. La actividad en algunas de estas regiones del cerebro relacionadas con el lenguaje también era menor en los niños en los que la pubertad estaba más avanzada. Esto indica que la pubertad podría afectar a las respuestas cambiantes del cerebro ante un idioma.

Por otro lado, la pubertad podría facilitar otros tipos de aprendizaje. Podría brindarte oportunidades para conocerte mejor y enseñar habilidades sociales y emocionales que preparen a los adolescentes para la edad adulta. El cerebro puede cambiar durante la adolescencia a formas que respalden este aprendizaje. Por ejemplo, una parte importante del aprendizaje de nuevas habilidades consiste en responder a las respuestas, es decir, cómo tu cerebro utiliza la información que te indica si has obtenido o no la respuesta correcta. Un estudio realizado entre más de doscientos niños, adolescentes y adultos analizó cómo responde el cerebro cuando aprende de las respuestas. La manera en que las personas aprendían de las respuestas se relacionó con la activación en diferentes partes del **cuerpo estriado**, una región del cerebro clave para el aprendizaje. Ciertas partes del cuerpo estriado eran más activas en adolescentes que en niños o adultos, lo que indica que las personas aprenden de las respuestas de manera diferente durante la adolescencia [5].

Otra parte importante del aprendizaje de nuevas habilidades requiere la exploración y la asunción de riesgos, como compartir información sobre ti mismo, probar un nuevo pasatiempo en el que quizás no seas bueno o tratar de hablar con alguien que te gusta. Es más probable que decidas correr un riesgo cuando crees que tienes algo que ganar, como una recompensa. Los científicos han visto que parte del cuerpo estriado también se activa cuando una persona recibe recompensas, como comida o dinero. Un estudio realizado en personas de ocho a veintisiete años se centró en esta región del cerebro. Los investigadores descubrieron que las personas que estaban en la pubertad más avanzada y las personas que tenían más testosterona en sus cuerpos mostraban más activación en esta parte del cuerpo estriado cuando obtenían una recompensa. Esto indica que

### CUERPO ESTRIADO

Área situada en el centro del cerebro que procesa las recompensas y las respuestas. Se llama cuerpo estriado porque los distintos tipos de tejidos le dan una forma estriada.

las hormonas pueden ser importantes para que el cerebro sea más sensible a las recompensas durante la pubertad [6].

Estos estudios demuestran que la forma en la que el cerebro responde a las respuestas y a las recompensas cambia en la pubertad. Esto puede animar a los adolescentes a aprender más sobre sí mismos y los demás, lo que favorece tanto el autodescubrimiento como el crecimiento personal. Sin embargo, estos cambios cerebrales también pueden estar relacionados con el hecho de que ciertos problemas de salud mental y adicciones a las drogas tiendan a desarrollarse en la adolescencia. Por ejemplo, si los adolescentes son más sensibles a las recompensas, también pueden ser más sensibles a la sensación gratificante de tomar alcohol o drogas. Además, los niños que llegan a la pubertad antes o más rápido que sus compañeros pueden tener más problemas de salud mental. Según los investigadores, ello podría deberse en parte a que las hormonas tienen un efecto diferente en sus cerebros. No obstante, se necesita investigar más para ver si esto es cierto. La mayoría de los niños atraviesan la pubertad sin ningún problema de salud mental, y los investigadores están estudiando formas de fomentar resultados positivos para más niños.

## CONCLUSIÓN

La pubertad es una época de grandes cambios, incluidos aquellos que en ocasiones pueden resultar incómodos, confusos o abrumadores. Algunos de estos cambios provienen del efecto de las hormonas en las células de todo el cuerpo, incluido el cerebro. Las hormonas pueden influir en el cerebro a largo plazo cambiando directamente su organización o el modo en que responde ante ciertas situaciones. Estos cambios pueden ser importantes para abrir nuevas oportunidades de aprendizaje que preparen a los adolescentes para la edad adulta, aunque los mismos cambios cerebrales también pueden cerrar ventanas para otros tipos de aprendizaje que ocurren en una etapa temprana de la niñez. Los colegios podrían aprovechar estos cambios cerebrales de sus estudiantes, por ejemplo, creando oportunidades para formas positivas de exploración y asunción de riesgos. Aprender es más que matemáticas y lectura; tomar decisiones que nos ayuden a comprendernos mejor a nosotros mismos y a los demás es otro tipo importante de aprendizaje al que el cerebro podría ser especialmente sensible durante la pubertad.

## AGRADECIMIENTOS

TC fue apoyada por el Centro Nacional para el Avance de las Ciencias Translacionales de los Institutos Nacionales de Salud de subvención n.º TL1TR002371. El contenido es responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente representa las opiniones oficiales de los Institutos Nacionales de Salud. Nos gustaría agradecer de todo

corazón a quienes ayudaron en la traducción de los artículos de esta colección para hacerlos más accesibles a los niños fuera de los países de habla inglesa, y a la Fundación Jacobs por proporcionar los fondos necesarios para traducir los artículos.

## REFERENCIAS

1. Schulz, K. M., Molenda-Figueira, H. A., and Sisk, C. L. 2009. Back to the future: the organizational-activational hypothesis adapted to puberty and adolescence. *Horm. Behav.* 55:597–604. doi: 10.1016/j.yhbeh.2009.03.010
2. Ahmed, E. I., Zehr, J. L., Schulz, K. M., Lorenz, B. H., DonCarlos, L. L., and Sisk, C. L. 2008. Pubertal hormones modulate the addition of new cells to sexually dimorphic brain regions. *Nat. Neurosci.* 11:995–7. doi: 10.1038/nn.2178
3. Fuxjager, M. J., Forbes-Lorman, R. M., Coss, D. J., Auger, C. J., Auger, A. P., and Marler, C. A. 2010. Winning territorial disputes selectively enhances androgen sensitivity in neural pathways related to motivation and social aggression. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 107:12393–8. doi: 10.1073/pnas.1001394107
4. McNealy, K., Mazziotta, J. C., and Dapretto, M. 2011. Age and experience shape developmental changes in the neural basis of language-related learning. *Dev. Sci.* 14:1261–82. doi: 10.1111/j.1467-7687.2011.01075.x
5. Peters, S., and Crone, E. A. 2017. Increased striatal activity in adolescence benefits learning. *Nat. Commun.* 8:1983. doi: 10.1038/s41467-017-02174-z
6. Braams, B. R., van Duijvenvoorde, A. C. K., Peper, J. S., and Crone, E. A. 2015. Longitudinal changes in adolescent risk-taking: a comprehensive study of neural responses to rewards, pubertal development, and risk-taking behavior. *J. Neurosci.* 35:7226–38. doi: 10.1523/JNEUROSCI.4764-14.2015

**EDITOR:** Jessica Massonnie

**MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS:** Zoltan Sarnyai

**CITACIÓN:** Barendse MEA, Cheng TW y Pfeifer JH (2023) Tu cerebro en la pubertad. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.00053-es

**TRADUCIDO Y ADAPTADO DE:** Barendse MEA, Cheng TW and Pfeifer JH (2020) Your Brain on Puberty. *Front. Young Minds* 8:53. doi: 10.3389/frym.2020.00053

**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2023 Barendse, Cheng y Pfeifer. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.





## JOVEN REVISOR

### BENJAMIN, EDAD: 11

En el colegio, mis asignaturas favoritas son las matemáticas y el inglés, porque me gusta aprender nueva información y me fascinan los retos. La actividad extraescolar que más disfruto es el waterpolo porque me encanta trabajar en equipo y he hecho muchos nuevos amigos. Desde que vi en Oxford una célula cerebral viva activándose, he estado trabajando para lograr el objetivo de convertirme en médico. Lo hago leyendo muchos artículos y escuchando conferencias. También me gustan mucho los perros.



## AUTORES

### MARJOLEIN E. A. BARENDSE

Soy investigadora de posdoctorado en neurociencia social del desarrollo de la Universidad de Oregón. Antes de empezar a trabajar en Oregón, estudié en los Países Bajos y Australia. Me fascina cómo funcionan el cerebro, la pubertad y todo lo que influye en el desarrollo del cerebro de niños y adolescentes. En mi tiempo libre me gusta practicar escalada en roca y viajar a lugares nuevos. \*[barendse@uoregon.edu](mailto:barendse@uoregon.edu)



### THERESA W. CHENG

Estudio psicología y neurociencia en el hermoso estado de Oregón. En mi trabajo descubro cómo la pubertad, el estrés y las experiencias sociales cambian el cerebro adolescente. He sido profesora de ciencias de secundaria y bachillerato, y una de las cosas que más me gustan de mi trabajo es hablar con la gente sobre ciencia. Cuando no estoy investigando, me gusta cocinar, bailar y hacer senderismo. En mi proyecto de ciencias de octavo grado, intenté demostrar que la comida de la cafetería de nuestra escuela era ilegal; en otras palabras, según las reglas federales, no era lo suficientemente nutritiva.

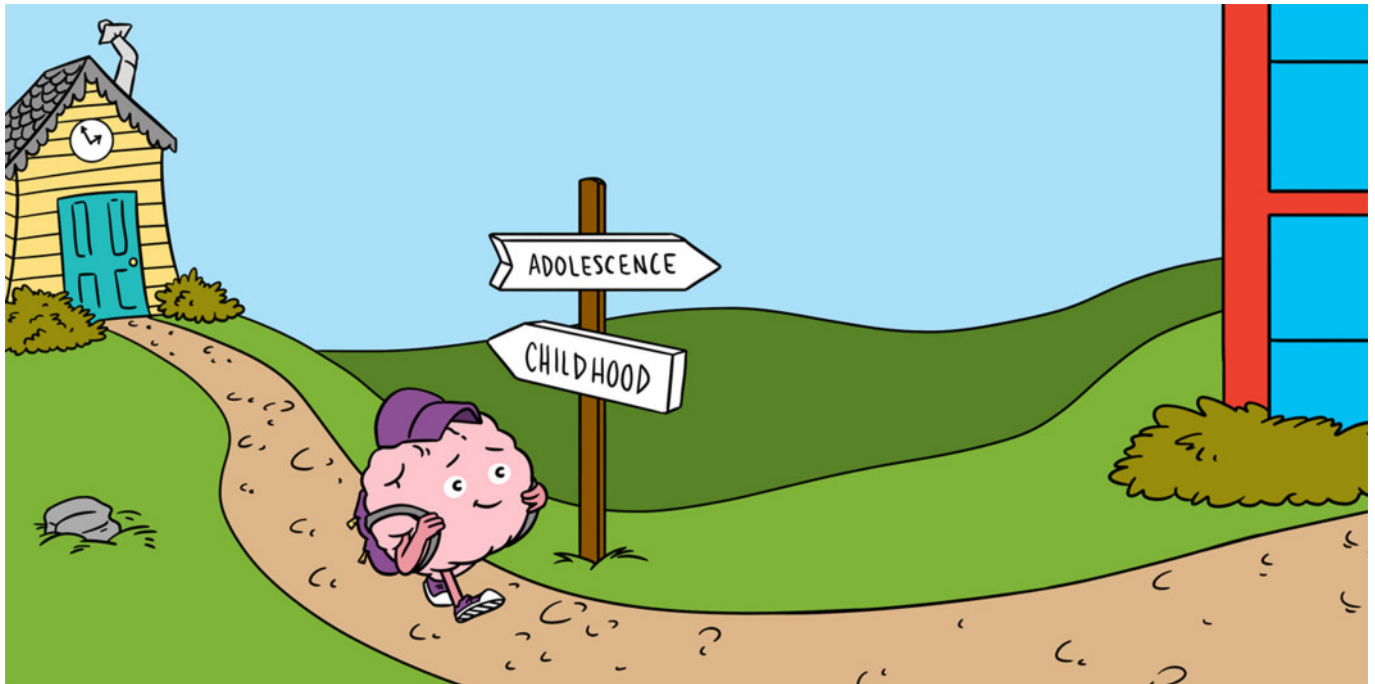


### JENNIFER H. PFEIFER

Estudio la relación entre los grandes cambios que experimentan los adolescentes en sus cerebros, cuerpos y mundos sociales y su bienestar. Me concentro en los momentos en los que ocurren muchos cambios a la vez, como cuando comienzas la pubertad y vas a la escuela secundaria, o cuando terminas el bachillerato y empiezas la universidad o a trabajar. Estas transiciones clave pueden ser difíciles, pero son grandes oportunidades para encaminar a los jóvenes hacia caminos positivos. Me gusta tocar el piano y buscar gemas en la costa.

### Spanish version provided by

Versión en español por



## EL CEREBRO ADOLESCENTE ES VERDADERAMENTE IMPRESIONANTE

**Kathryn L. Mills<sup>1,2\*</sup> y Jeya Anandakumar<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>Laboratorio de Investigación del Desarrollo del Cerebro en Diferentes Contextos, Departamento de Psicología, Centro de Neurociencia Transnacional, Universidad de Oregón, Eugene, OR, Estados Unidos

<sup>2</sup>Centro de Investigación PROMENTA, Departamento de Psicología, Unidad de Oslo, Oslo, Noruega

<sup>3</sup>Universidad Estatal de Portland, Portland, OR, Estados Unidos

### JÓVENES REVISORES:



**ISABELLA**

EDAD: 13



**ALINE**

EDAD: 13



**MARILIA**

EDAD: 13

El cerebro humano pasa por un largo período de desarrollo. El cerebro cambia drásticamente en la infancia, pero también hay cambios durante la segunda década de la vida que hacen que este período, conocido como adolescencia, sea asombroso. Los adolescentes tienen cerebros con mayor capacidad de cambio que los adultos y, a diferencia de los niños, los adolescentes tienen una mayor capacidad para moldear el desarrollo del cerebro. La mayor capacidad de procesamiento de información y la sensibilidad social durante la adolescencia también hacen que este sea un momento de mayor capacidad para navegar en nuestro complejo mundo social. Este artículo analiza cómo se puede utilizar la investigación sobre el desarrollo del cerebro en la actualidad para empoderar a los adolescentes como aprendices competentes del mundo que los rodea. Hacemos recomendaciones sobre cómo los entornos

## ASOMBROSO

Que inspira gran admiración, aprensión o miedo.

## RESONANCIA MAGNÉTICA

Es una forma de escanear el cuerpo para tomar fotografías de su interior, como del cerebro.

### Figura 1

(A) Una máquina de resonancia magnética (RM) se parece a (B) una dona.

## CEREBRO

La parte frontal del encéfalo, que está implicada en el pensamiento, las decisiones, las emociones y el carácter.

## NEURONA

Una célula nerviosa.

## CORTEZA

La capa externa del cerebro compuesta por sustancia gris plegada.

educativos pueden nutrir el desarrollo del cerebro y optimizar el entorno de aprendizaje durante la adolescencia.

## INTRODUCCIÓN

El cerebro adolescente es **asombroso**, y aquí te explicamos por qué. La adolescencia es el período de la vida que a menudo comienza con cambios en el cuerpo relacionados con la pubertad. Sin embargo, el cerebro también está cambiando durante este tiempo, y continúa cambiando incluso después de que terminamos la pubertad, ¡hasta bien entrados los veinte años [1]! Los cambios en el cerebro se reflejan en los cambios en el comportamiento que a menudo podemos ver durante la adolescencia, como el deseo de explorar, formar nuevas relaciones y navegar en nuestro cambiante mundo social.

## CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA CEREBRAL DURANTE LA ADOLESCENCIA

Los investigadores utilizan una técnica llamada **resonancia magnética** (RM) que utiliza imanes y ondas de radio para tomar fotografías del cerebro mientras una persona está acostada dentro de lo que parece una dona gigante (Figura 1). Los estudios de resonancia magnética pueden mostrarnos cómo el cerebro humano cambia en su estructura (anatomía) y organización (cómo está conectado) durante la adolescencia.

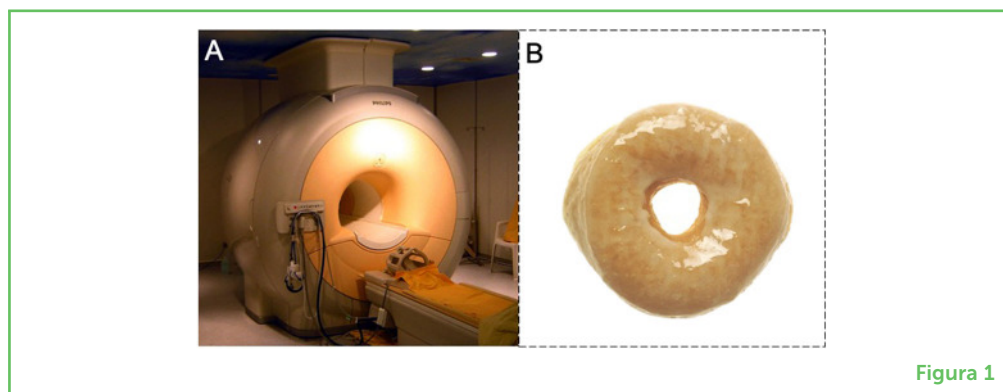


Figura 1

El encéfalo se compone de muchas partes, pero aquí nos centramos en los tejidos del **cerebro**, que es la parte más grande del encéfalo (Figura 2A). El cerebro está formado por dos tipos de tejido, llamado sustancia gris y sustancia blanca. La sustancia gris, que está formada por células cerebrales llamadas **neuronas** y sus conexiones, se puede encontrar en el exterior del cerebro (llamada **corteza**), así como en el interior. La sustancia gris contiene la mayoría de los cuerpos celulares neuronales y constituye las regiones del cerebro que son esenciales para el control muscular, la percepción sensorial, la toma

### Figura 2

(A) Una imagen de una sección del cerebro de un humano obtenida mediante resonancia magnética. La vista es como si estuvieras mirando desde la parte superior de la cabeza hacia el cerebro. Los garabatos grises que se curvan alrededor de las áreas blancas son la sustancia gris de la corteza y las áreas blancas son la sustancia blanca. (B) La cantidad de sustancia gris en la corteza disminuye durante la adolescencia. (C) La cantidad de sustancia blanca en el cerebro aumenta durante la adolescencia. Tanto en B como en C, cada punto del gráfico representa la medida del cerebro de un individuo, según se adquiere con la resonancia magnética. Los puntos están conectados para mostrar las medidas obtenidas de un individuo. Los datos se recopilaron en cuatro laboratorios de investigación diferentes, y el promedio de los datos en cada sitio se muestra con las cuatro líneas en negrita (figura adaptada de Tamnes et al. [2] y Mills et al. [1]).

### AXÓN

Es una parte larga y delgada de una neurona que envía la señal de un extremo de la neurona hasta el otro extremo.

de decisiones y el autocontrol. La sustancia gris disminuye durante la adolescencia, aproximadamente un 1,5% al año ([1]; Figura 2B). Sin embargo, ¡esta disminución no es mala! Se cree que la disminución de la sustancia gris está relacionada con el ajuste fino de las conexiones entre las células cerebrales y también con el aumento del otro tejido del cerebro, la sustancia blanca.

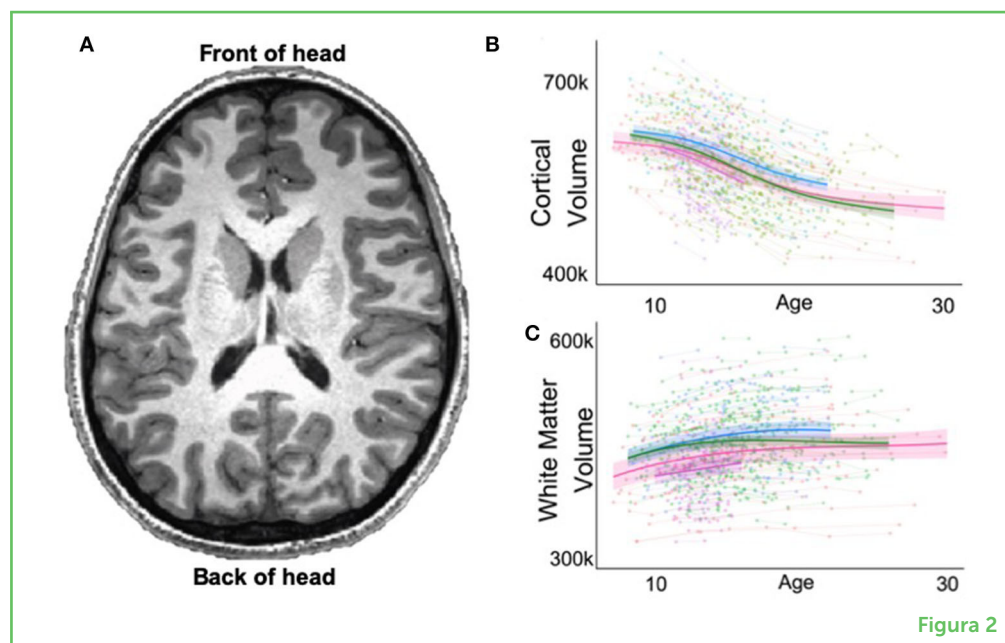


Figura 2

La sustancia blanca del cerebro se encuentra debajo de la corteza y está formada por largas fibras de neuronas, llamadas **axones**, que envían las señales que conectan diferentes partes del cerebro. La sustancia blanca aumenta en la adolescencia temprana, pero parece estabilizarse a mediados de la adolescencia (Figura 2C). Se cree que el aumento de la sustancia blanca está relacionado con un aumento en la velocidad de las señales enviadas entre las células del cerebro. En la Figura 3 se muestran ilustraciones anatómicas de las sustancias gris y blanca.

## ¿CÓMO CAMBIA LA ORGANIZACIÓN CEREBRAL DURANTE LA ADOLESCENCIA?

Los investigadores también pueden usar la resonancia magnética para ver cómo está organizado el cerebro, en términos de cómo se conectan las diferentes partes del cerebro. Dado que el cerebro está cambiando tanto en la adolescencia, su organización puede ser influida por lo que hacemos, nuestras experiencias y los entornos en los que vivimos. El cerebro es una gran red, es decir, diferentes regiones del cerebro se comunican entre sí cuando una persona realiza diferentes funciones o comportamientos, como pensar en otras personas o moverse por el mundo. Estos

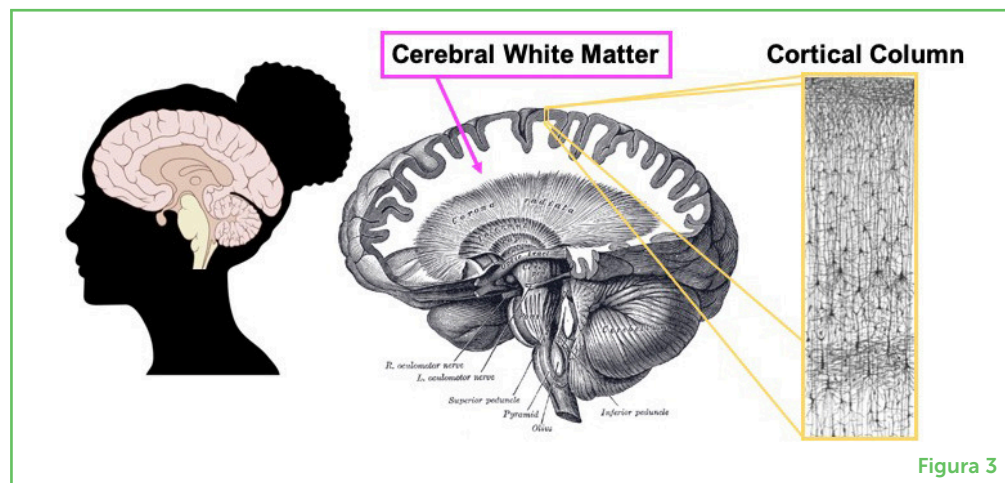


### Figura 3

Una silueta de una niña con una imagen del cerebro humano superpuesta para ilustrar otra vista del cerebro humano. En el medio hay un dibujo de una sección transversal del cerebro humano, que muestra la sustancia blanca debajo de la corteza. Los tractos de sustancia blanca componen la sustancia blanca, con un conjunto de tractos de sustancia blanca (llamado corona radiada) ilustrada. En el cuadro amarillo se ilustra un dibujo de la columna cortical de un ser humano en desarrollo. Este dibujo muestra cómo se organizan las neuronas en la corteza, pero el volumen de sustancia gris cortical también incluye muchos componentes celulares que no se muestran aquí, incluidas las células gliales y los vasos sanguíneos. Estos dibujos se obtuvieron de dos repositorios de imágenes de uso gratuito: Wikimedia Commons y Pixabay.

### PREFERENCIA DE DESCUENTO TEMPORAL

La preferencia de un individuo indica si un individuo elegirá una recompensa menor antes o si estará dispuesto a esperar por una recompensa mayor en el futuro.



patrones de comunicación cerebral se pueden estudiar mediante una técnica ligeramente diferente, llamada resonancia magnética funcional (RMf). Esta técnica examina la cantidad de oxígeno en la sangre que fluye por el cerebro como una medida de la actividad cerebral. Cuando diferentes regiones del cerebro muestran patrones similares de actividad cerebral, se dice que están conectadas funcionalmente.

Se ha visto que los comportamientos típicos que vemos durante la adolescencia, como pensar en otras personas y tomar decisiones, se relacionan con ciertos patrones de actividad cerebral entre regiones del cerebro conectadas funcionalmente. No todos los adolescentes tienen la misma organización cerebral y no todos los adolescentes adoptan los comportamientos típicos de esta edad. La forma en la que los individuos difieren en sus patrones de actividad cerebral puede relacionarse con diferencias en el comportamiento.

Un ejemplo de un comportamiento que cambia durante la adolescencia es lo que se llama **preferencia de descuento temporal**. Este comportamiento tiene que ver con cuánto tiempo estamos dispuestos a esperar por las recompensas, en particular si un individuo elegirá una recompensa menor que esté disponible de inmediato o una recompensa mayor por la que deba esperar. Estudiamos cómo cambia esta preferencia en la transición a la adolescencia. Se encontró que los patrones de actividad cerebral que comunican regiones del cerebro implicadas en el control de nuestro comportamiento a las regiones del cerebro implicadas en la valoración de las cosas en el mundo estaban relacionados con la preferencia de descuento temporal de un individuo [3]. Si bien puede existir el estereotipo de que los adolescentes, en general, no tienen paciencia para esperar una recompensa mayor cuando una recompensa menor está disponible de inmediato, nuestro estudio encontró que los individuos difieren en su comportamiento, y esta diferencia está relacionada con la organización del cerebro de un individuo.

Los estudios de imágenes cerebrales han demostrado que el cerebro se reorganiza en la adolescencia. Dado que nuestros cerebros están cambiando tanto, nuestras experiencias en la adolescencia pueden ayudar a moldear la organización del cerebro. Al participar en ciertos patrones de comportamiento, estamos fortaleciendo ciertos patrones de actividad cerebral. Esto posibilita avances en el desarrollo intelectual y emocional durante la adolescencia.

## **¿POR QUÉ EL CEREBRO CAMBIANTE DEL ADOLESCENTE REPRESENTA UNA OPORTUNIDAD ÚNICA?**

Los cambios en la estructura y organización del cerebro durante la adolescencia son mayores que los que vemos en la edad adulta, pero menores que los que vemos durante la lactancia y la niñez. Sin embargo, a diferencia de la niñez, la adolescencia es una época en la que tenemos una mayor capacidad para moldear realmente cómo se está desarrollando nuestro propio cerebro. Esto se debe a que podemos comprender más sobre nosotros y el mundo, estamos más motivados y comprometidos, y tenemos una mayor capacidad para tomar decisiones que pueden afectar el cerebro cambiante. Esto es lo que hace que el cerebro adolescente sea maravilloso.

Algunas de las habilidades del cerebro que aumentan durante la adolescencia incluyen el pensamiento abstracto, considerar muchos puntos de vista y poder pensar en el proceso mismo de pensar. Algunas investigaciones sugieren que los adolescentes incluso tienen una mayor capacidad que los adultos y los niños para resolver problemas de formas nuevas y creativas, debido a su capacidad para pensar en diferentes conceptos al mismo tiempo [4]. Las capacidades del cerebro que ya están presentes durante la adolescencia se pueden utilizar para fomentar un mayor crecimiento cerebral saludable, pero esto requiere dar a los adolescentes la libertad de tomar sus propias decisiones. Por ejemplo, alentar a los adolescentes a que establezcan sus propias metas fomentará la actividad cerebral implicada en la formación de una identidad propia y considerar las consecuencias a largo plazo. Los adolescentes suelen estar bastante preocupados por cómo los perciben sus compañeros. Si bien a menudo se habla de este aspecto de la sensibilidad social como un aspecto negativo de la conducta adolescente, en realidad puede ser positivo cuando el entorno social es saludable [5]. Otro ejemplo de sensibilidad social que aumenta durante la adolescencia es la preocupación por las estructuras sociales más amplias y los acontecimientos mundiales [6]. Los adultos, que a menudo tienen una mayor capacidad para cambiar el entorno social que los adolescentes, deben esforzarse por brindar a los adolescentes más oportunidades para un crecimiento cerebral positivo.



## ¿QUÉ PUEDEN HACER LOS PROFESORES PARA OPTIMIZAR EL ENTORNO DE APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES ADOLESCENTES?

Debido a que el cerebro se puede moldear tan fácilmente durante la adolescencia, es importante que los maestros y los padres nutran el desarrollo del cerebro. Optimizar el entorno de aprendizaje escolar es una de las formas más eficaces de apoyar a los adolescentes. Lo que sabemos sobre el cerebro en desarrollo es que, en comparación con los niños más pequeños, los adolescentes tienen una mayor capacidad para comprender temas más complejos. Comprender lo que sucede en sus propios cerebros puede ayudar a los adolescentes a influir en su propio desarrollo. Una forma de hacerlo es mediante la integración de temas del desarrollo, como la toma de decisiones, la adicción a las drogas, la resolución de conflictos y la planificación educativa en el plan de estudios de la escuela. Aquí hay algunas otras formas de optimizar el entorno de aprendizaje escolar. ¡Puedes compartirlas con tus profesores!

### HAZ EL APRENDIZAJE COLABORATIVO Y DIVERSO

En lugar de ignorar la motivación para socializar durante la adolescencia, los maestros pueden utilizar esta motivación social fomentando conversaciones y la participación en grupos entre los estudiantes. Pedir a los estudiantes consejos y comentarios sobre las actividades del aula puede ayudar a los estudiantes a sentirse interesados y más involucrados en el entorno de aprendizaje. Incluir estudiantes de diversos cursos podría ayudar a que los estudiantes aprendan nuevas habilidades y vean el proyecto desde diferentes puntos de vista, ya que diferentes estudiantes de diferentes grados pueden contribuir con diversas habilidades a los comentarios o al proyecto.

### CAMBIAR EL AMBIENTE DEL AULA

Piensa en tu salón de clases. ¿Cómo están dispuestas las mesas y las sillas? ¿Están en filas largas y rectas o en círculos pequeños? Es posible que se sienta cierto aislamiento social al sentarse en filas largas y sólo poder ver a los compañeros de clase desde atrás o de lado. Este tipo de disposición de los escritorios y sillas se puede cambiar para acoger la colaboración y el aprendizaje. Considera preguntarle al maestro si está dispuesto a experimentar con nuevos arreglos como círculos pequeños. Además de respetar la motivación social inherente a la adolescencia, la reorganización del mobiliario del aula puede ayudar a controlar la ansiedad social, porque podría ser más fácil comunicarse con otros estudiantes del grupo y hablar con ellos.

## FOMENTAR LA INDEPENDENCIA

Los maestros pueden fomentar la independencia en el aula al permitir que los estudiantes marquen el camino. Esto podría incluir permitir que los estudiantes propongan una parte del programa de estudios o las pautas para un proyecto. Permitir que los estudiantes exploren lo que les interesa impulsará el aprendizaje. Cuando los estudiantes puedan crear sus propias pautas y superar las dificultades a través del trabajo arduo y la colaboración, estarán más preparados para asumir nuevos desafíos y prosperar en situaciones difíciles.

## INTERACTUAR CON LA COMUNIDAD

El ambiente típico del salón de clases puede resultar demasiado artificial y estructurado. Se debe alentar a los estudiantes a colaborar con el mundo fuera del aula. Las visitas a la comunidad pueden ayudar a los estudiantes a aplicar en el mundo real lo que han aprendido en clase. Esto complementa la mayor sensibilidad al mundo social que ocurre durante la adolescencia.

## ¿QUÉ SIGNIFICA ESTO PARA TI?

La adolescencia es un período de rápido crecimiento, desarrollo y aprendizaje. Esto presenta una oportunidad única para que los adolescentes tengan una mayor capacidad para moldear realmente el desarrollo del cerebro. Podemos fortalecer ciertos patrones de nuestra actividad cerebral al participar en ciertos tipos de comportamientos. Una de las formas en que puedes participar en tu propio desarrollo es aprendiendo y entendiendo lo que está sucediendo en tu propio cerebro. Impresionante, ¿verdad?

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

KM esbozó el documento. KM y JA escribieron el artículo.

## AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer a los revisores y editores de este artículo por sus útiles comentarios y sugerencias. KM quisiera agradecer a Celilo Mitchell y Jerome Mitchell por su inspiración. Nos gustaría agradecer de todo corazón a quienes ayudaron en la traducción de los artículos de esta colección para hacerlos más accesibles a los niños fuera de los países de habla inglesa, y a la Fundación Jacobs por proporcionar los fondos necesarios para traducir los artículos.

## REFERENCIAS

1. Mills, K. L., Goddings, A. L., Herting, M. M., Meuwese, R., Blakemore, S. J., Crone, E. A., et al. 2016. Structural brain development between childhood and adulthood: convergence across four longitudinal samples. *Neuroimage* 141:273–81. doi: 10.1016/j.neuroimage.2016.07.044
2. Anandakumar, J., Mills, K. L., Earl, E. A., Irwin, L., Miranda-Dominguez, O., Demeter, D. V., et al. 2018. Individual differences in functional brain connectivity predict temporal discounting preference in the transition to adolescence. *Dev. Cogn. Neurosci.* 34:101–13. doi: 10.1016/j.dcn.2018.07.003
3. Stevenson, C. E., Kleibeuker, S. W., de Dreu, C. K. W., and Crone, E. A. 2014. Training creative cognition: adolescence as a flexible period for improving creativity. *Front. Hum. Neurosci.* 8:827. doi: 10.3389/fnhum.2014.00827
4. Telzer, E. H. 2016. Dopaminergic reward sensitivity can promote adolescent health: a new perspective on the mechanism of ventral striatum activation. *Dev. Cogn. Neurosci.* 17:57–67. doi: 10.1016/j.dcn.2015.10.010
5. Sherrod, L. 2007. "Civic engagement as an expression of positive youth development," in *Approaches to Positive Youth Development*, eds R. K. Silbereisen and R. M. Lerner (London: SAGE Publications Ltd), 59–74. doi: 10.4135/9781446213803
6. Tamnes, C. K., Herting, M. M., Goddings, A. L., Meuwese, R., Blakemore, S. J., Dahl, R. E., et al. 2017. Development of the cerebral cortex across adolescence: a multisample study of inter-related longitudinal changes in cortical volume, surface area, and thickness. *J. Neurosci.* 37, 3402–12.

**EDITOR:** Sabine Peters

**MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS:** Aikaterini Dounavi y Carmen Flores Nakandakare

**CITACIÓN:** Mills KL y Anandakumar J (2023) El cerebro adolescente es verdaderamente impresionante. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00075-es

**TRADUCIDO Y ADAPTADO DE:** Mills KL and Anandakumar J (2020) The Adolescent Brain Is Literally Awesome. *Front. Young Minds* 8:75. doi: 10.3389/frym.2020.00075

**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses

**COPYRIGHT** © 2020 © 2023 Mills y Anandakumar. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

## JÓVENES REVISORES



### ISABELLA, EDAD: 13

Mi nombre es Isabella y tengo 13 años. Nací en Nueva York y vivo en Suiza. Amo el arte, leer libros, cantar, bailar y tocar el piano. Mi deporte favorito es la natación. También tengo un gran interés por las matemáticas, la naturaleza y las ciencias, especialmente en todo lo relacionado con el espacio, el tiempo y la materia. En el futuro, me gustaría ser ingeniera aeronáutica o arquitecta. Siempre tengo mucha curiosidad por aprender más sobre el mundo que nos rodea.



### ALINE, EDAD: 13

Mi nombre es Aline, tengo 13 años. Mis pasatiempos favoritos incluyen el teatro, tocar el clarinete, dibujar y leer. Me fascina la mitología griega; mis libros favoritos incluyen las series de Harry Potter y Percy Jackson. En la escuela, disfruto mucho de las matemáticas y las ciencias.



### MARILIA, EDAD: 13

¡Hola! Mi nombre es Marilia. Tengo 13 años y me gusta el patinaje sobre hielo, la gimnasia rítmica y el fútbol. ¡Tengo un perro pequeño que amo! Un día me gustaría viajar a Australia y ver koalas. Disfruto de estar con mis amigos e ir a nadar o ver una película con ellos.

## AUTORES



### KATHRYN L. MILLS

Kate Mills es profesora asistente en el Departamento de Psicología de Universidad de Oregón. Estudia cómo cambia el cerebro desde la niñez hasta la edad adulta y cómo desarrollamos las estrategias para prosperar en nuestro entorno específico. Pasa todo su tiempo libre con su familia, explorando y disfrutando de los hermosos lugares alrededor de su casa en Eugene, Oregón. \*[klmills@uoregon.edu](mailto:klmills@uoregon.edu)



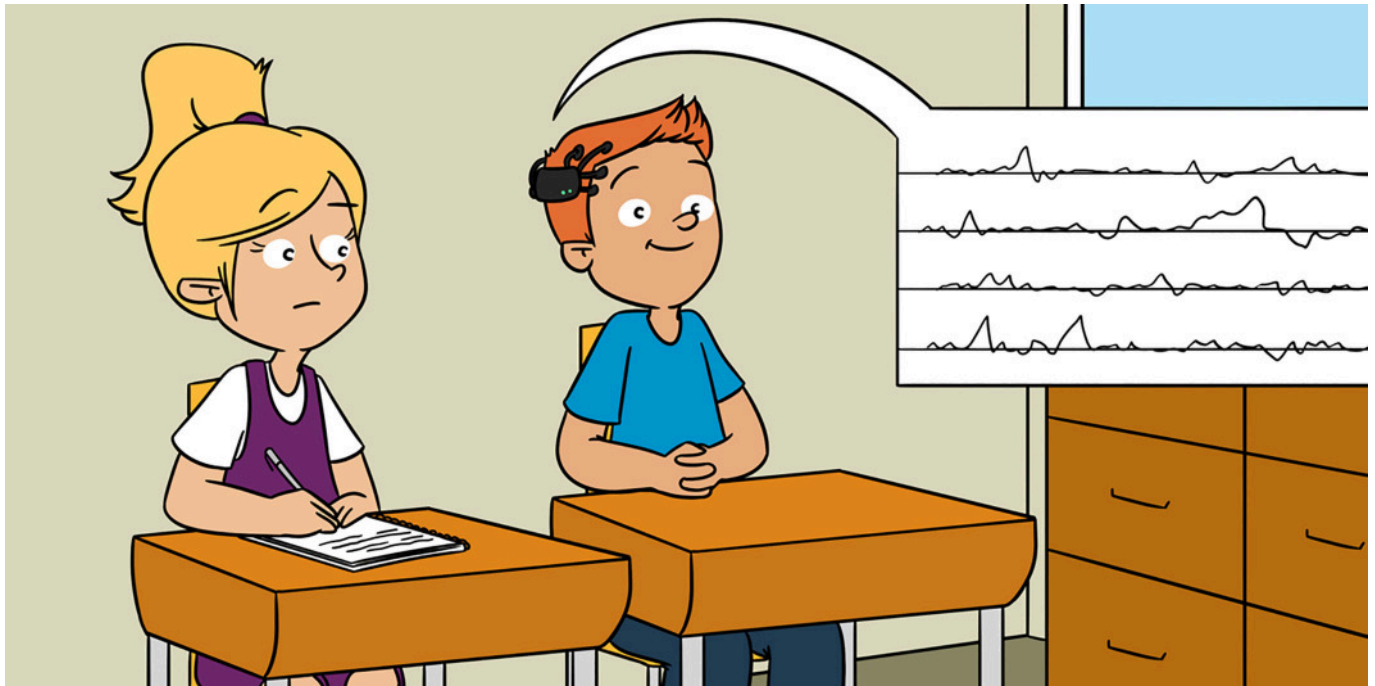
### JEYA ANANDAKUMAR

Jeya Anandakumar es estudiante de pregrado en La Universidad de Portland, Oregón. Se centra en biología y química con especialización en neurociencias. Sus intereses de investigación incluyen neurociencia del desarrollo y neurogenética. Anteriormente ha sido una joven revisora de Frontiers for Young Minds. En su tiempo libre le gusta tocar la flauta y tomar clases de baile.

### Spanish version provided by

Versión en español por

**JACOBSON**  
FOUNDATION  
Our Promise to Youth



## MEDICIÓN DE LAS ONDAS CEREBRALES EN EL AULA

Nienke van Atteveldt<sup>1\*</sup>, Tieme W. P. Janssen<sup>1</sup> y Ido Davidesco<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias del Movimiento y del Comportamiento, Sección de Psicología Clínica del Desarrollo e Instituto Learn!, Universidad Libre de Ámsterdam, Ámsterdam, Países Bajos

<sup>2</sup>Departamento de Psicología Educativa, Universidad de Connecticut, Storrs, CT, Estados Unidos

### JÓVENES REVISORES:



THE  
SCHOOL  
FOR  
SCIENCE  
AND MATH  
AT  
VANDERBILT

EDADES:  
14–15

### ONDAS CEREBRALES

Ciclos de corrientes eléctricas generadas por grupos de neuronas que se activan al mismo tiempo.

Los investigadores del cerebro solían estudiar el funcionamiento del cerebro únicamente en laboratorios especiales de universidades u hospitales. Pero recientemente han comenzado a utilizar dispositivos portátiles que las personas pueden llevar en la cabeza fuera del laboratorio. Entre otros, estos dispositivos permiten a los investigadores medir la actividad cerebral de los estudiantes en las aulas durante las clases. Esto suena futurista y quizás también algo alarmante. En este artículo, explicaremos qué miden y qué no miden estos dispositivos; por ejemplo, no pueden leer la mente. También te contaremos cómo este tipo de investigación puede ser útil para ti y tus compañeros.

¿Has oído hablar alguna vez de las **ondas cerebrales** y te has preguntado qué son? En este artículo, explicaremos qué son las ondas cerebrales, cómo se pueden medir en el laboratorio y en el aula y por qué es interesante medirlas.

## NEURONAS

Son células del cerebro que se comunican entre sí mediante la transmisión de señales eléctricas.

## EEG

La electroencefalografía es una técnica en la que un gorro con pequeños detectores, denominados electrodos, se coloca en el cuero cabelludo de una persona. La EEG mide la actividad eléctrica de grupos de neuronas que transmiten señales eléctricas similares al mismo tiempo.

## ELECTRODO

Detector colocado en el cuero cabelludo que se utiliza en la EEG para registrar las corrientes eléctricas que las neuronas generan en el cerebro.

## FRECUENCIA

Velocidad de una onda cerebral; número de veces que una onda cerebral sube y baja en 1 s. La frecuencia se mide en hercios (Hz); 1 Hz significa un ciclo por segundo.

## BANDA DE FRECUENCIA

Una gama de frecuencias de ondas cerebrales que se asocia con un determinado estado mental. Por ejemplo, las frecuencias en el rango de 1 a 4 Hz se denominan banda delta, que se asocia con el sueño profundo.

# EEG: MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD ELÉCTRICA EN EL CEREBRO

Las células del cerebro se llaman **neuronas**, y tu cerebro tiene unos ochenta y seis mil millones de ellas. Estas neuronas son muy parlanchinas, como los estudiantes en un aula. En lugar de usar palabras, las neuronas se comunican a través de las pequeñas señales eléctricas que generan. Estas suben y bajan de intensidad, como si de olas se tratara; son tus ondas cerebrales. Podemos medir las ondas cerebrales con una técnica conocida como electroencefalografía (**EEG**), en la que unos pequeños detectores, llamados electrodos, se colocan en la cabeza de una persona [1]. Por lo general, todos estos **electrodos** (¡hasta 256!) se mantienen en su lugar con un gorro, aunque recientemente se han diseñado unos dispositivos portátiles que usan menos cantidad de electrodos en unos auriculares de aspecto más elegante. La EEG no puede medir la actividad eléctrica de las células cerebrales individuales porque las corrientes eléctricas que generan las neuronas son demasiado pequeñas. Estas corrientes solo se pueden medir cuando muchas neuronas transmiten señales eléctricas similares al mismo tiempo. Imagina un festival de música con miles de personas. Si aplaude una sola, la banda no lo oírás desde el escenario, pero sí lo hará si aplaude todo el público al mismo tiempo.

## ONDAS CEREBRALES: LENTAS Y RÁPIDAS

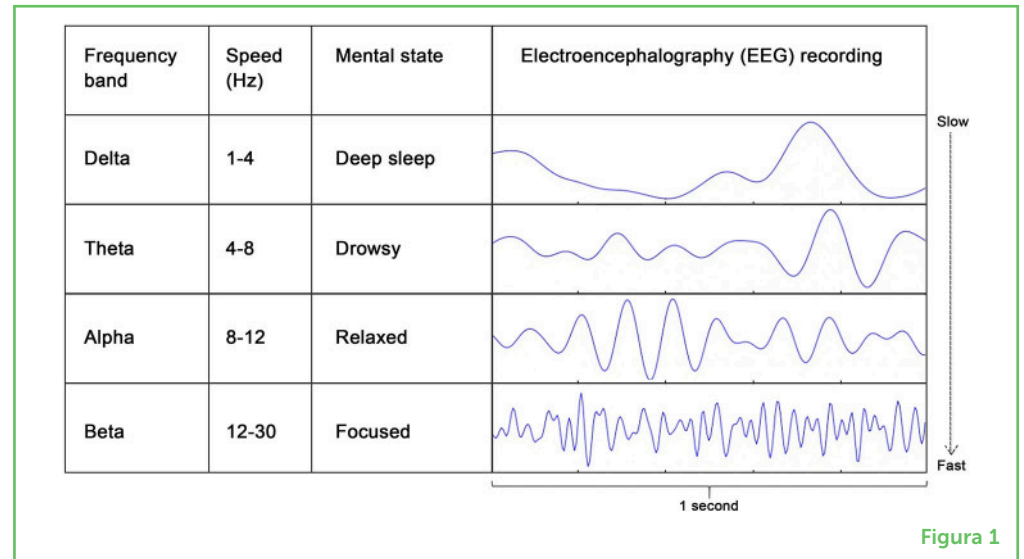
Las ondas cerebrales tienen distintas velocidades. Puedes comparar las ondas cerebrales lentas con grandes olas del océano que mueven un barco arriba y abajo, y las ondas cerebrales rápidas con olas pequeñas en la superficie del agua. Cuando usamos la EEG, obtenemos una mezcla de ondas cerebrales rápidas y lentas que se producen al mismo tiempo.

¿Qué tiene esto de interesante? Imagina que es temprano, por la mañana; aún no estás del todo despierto, más bien somnoliento. Si midiéramos tus ondas cerebrales con un dispositivo EEG en ese momento, veríamos que son relativamente lentas. Ahora imagina que estás en la escuela haciendo un examen muy concentrado. En esta situación, se detectarán ondas cerebrales más rápidas. Estos ejemplos muestran que la velocidad de las ondas cerebrales está relacionada con el estado en el que te encuentras. La velocidad de las ondas cerebrales se denomina **frecuencia**. La EEG permite identificar distintos rangos de frecuencia. Por ejemplo, el rango delta corresponde a ondas cerebrales relativamente lentas que suben y bajan de una a cuatro veces por segundo, o de uno a cuatro hercios (Hz), que es la unidad de frecuencia. La **Figura 1** muestra una descripción general de los rangos de frecuencia (también denominados **bandas de frecuencia**) y cómo se relacionan con tu estado mental.



### Figura 1

Bandas de frecuencia de EEG de lenta a rápida y cómo se relacionan con el estado mental. La frecuencia de las ondas cerebrales se mide en hercios (Hz), que es el número de ondas por segundo. Deep sleep = Sueño profundo, Drowsy = Soñoliento, Relaxed = Relajado, Focused = Concentrado.



## MÁS ALLÁ DE LENTO Y RÁPIDO: POTENCIALES RELACIONADOS CON EVENTOS

Aunque las bandas de frecuencia de EEG son muy interesantes, no todas las preguntas pueden responderse examinándolas. Por ejemplo, ¿qué pasa si quieres saber cómo entiende el cerebro las palabras que escuchas o cómo controla los impulsos, por ejemplo, no pegar a tu hermana pequeña cuando te saca de quicio?

Cuando surgen estas preguntas, los investigadores analizan las ondas cerebrales de otra manera, pues calculan el potencial relacionado con el evento, o **PRE**. Los PRE son las respuestas eléctricas del cerebro ante eventos concretos, como leer una palabra o controlar un impulso. En el método PRE, se examinan las partes de la señal EEG causadas por estos eventos específicos. El EEG se registra mientras el participante realiza una tarea computarizada que está específicamente diseñada para estudiar una función determinada del cerebro, por ejemplo, el control de impulsos.

A continuación, se muestra una descripción de dicha tarea, denominada tarea "Hacer/No hacer", o "Go/No-Go" (Figura 2). En la pantalla aparecen distintas letras de una en una. Una "X" significa "pulsar el botón" (Hacer), y una "O" significa "NO pulses el botón" (No hacer). En esta tarea, la "X" aparece con mucha más frecuencia que la "O", por lo que los participantes se preparan automáticamente para responder cada vez que aparece una letra en la pantalla, incluso una "O". Los participantes deben controlar su impulso de pulsar el botón cada vez que aparece una "O". Cuando finaliza la tarea, los investigadores examinan el EEG registrado durante las apariciones de las X y O en la pantalla. ¿Adivinas qué letra les interesa más?

### PRE

Potencial relacionado con eventos, medido mediante EEG. Los PRE son las respuestas eléctricas del cerebro a eventos específicos, como escuchar un sonido o leer una palabra. En el método PRE, los participantes realizan una tarea computarizada en la que a menudo se repite el evento específico de interés. Las partes de la señal de EEG causadas por estos eventos se promedian. Esta media hace que se promedie la actividad cerebral aleatoria y que se mantenga la parte relevante de la EEG; este es el PRE.

## Figura 2

Prueba Hacer/No hacer. Las letras X y O aparecen en la pantalla de una en una. Se pide a los participantes que pulsen el botón lo antes posible cuando vean una X y que NO lo pulsen cuando vean una O. La X aparece muy a menudo y la O solo ocasionalmente. Esto dificulta inhibir el impulso de pulsar el botón cuando aparece una O en la pantalla. Go! = ¡Hacer! No Go! = ¡No hacer!.

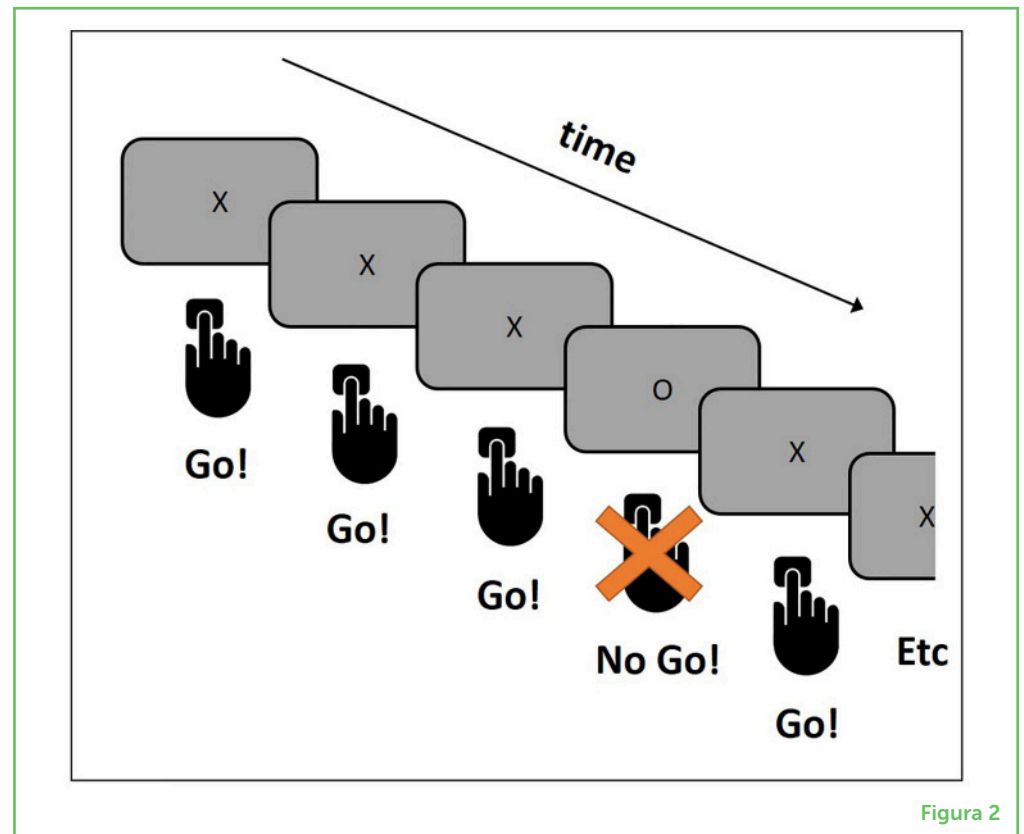


Figura 2

Los investigadores están más interesados en la respuesta del EEG a las "O", porque es entonces cuando el participante necesita controlar el impulso de pulsar el botón. Para examinar la respuesta del cerebro a las "O", el investigador aísla la respuesta del EEG cada vez que aparece una "O" y hace un promedio de todas estas respuestas juntas. La respuesta EEG media ante este evento específico es el PRE y refleja el intento del cerebro de controlar un impulso. Puedes pensar en el proceso de calcular el PRE como un cribaje, filtrando partes de la señal EEG que no son de interés y dejando solo aquellas señales en las que los investigadores están más interesados.

## LAS LIMITACIONES DE LOS EXPERIMENTOS DE LABORATORIO

Los científicos han aprendido mucho sobre cómo funciona el cerebro haciendo experimentos de EEG y PRE en laboratorios. Cuando hacemos tales experimentos, solemos medir la actividad cerebral mientras las personas realizan tareas computarizadas. Estas están diseñadas para medir una función cerebral determinada, por ejemplo, leer palabras, hacer un cálculo o controlar los impulsos. Por lo general, estas tareas de laboratorio son bastante diferentes de las que hacemos en nuestra vida diaria.

Por ejemplo, piensa en la tarea con las “X” frecuentes y las “O” ocasionales para estudiar el control de los impulsos. ¿Es acaso lo mismo que controlar tus impulsos de moverte o charlar con otro alumno mientras tu profesor te da instrucciones? En el laboratorio de EEG, estarías sentado solo, en una habitación tranquila, haciendo una tarea como pulsar un botón y, en ocasiones, tratando de no hacerlo. Este experimento de laboratorio puede decirnos algunas cosas sobre cómo el cerebro controla los impulsos, pero ¿qué dice sobre cómo los niños controlan sus impulsos en la escuela? Esta es una limitación de los experimentos de laboratorio, es decir, miden la actividad cerebral en situaciones poco naturales [2].

## USO DEL EEG PORTÁTIL EN EL AULA

Otro aspecto del comportamiento humano difícil de estudiar en un laboratorio es cómo las personas interactúan entre sí, por ejemplo, la forma en la que los estudiantes interactúan en la escuela. Los estudios de laboratorio son extremadamente limitados para responder a esta pregunta, pero avances recientes en aparatos portátiles para EEG ya permiten a los científicos investigar el cerebro fuera del laboratorio.

Esto es exactamente lo que hizo recientemente un equipo de investigadores de la Universidad de Nueva York [3]. Se asociaron con una escuela secundaria local y midieron la actividad cerebral de un maestro y de un grupo de estudiantes durante once lecciones de biología (Figura 3A). En cada lección, los estudiantes participaron en diversas actividades de aprendizaje, como conferencias, videos instructivos o charlas grupales. Los investigadores descubrieron que, durante estas actividades en el aula, las ondas cerebrales de los estudiantes estaban **sincronizadas**. En otras palabras, sus ondas cerebrales subían y bajaban juntas, en sincronía. Y lo que es aún más interesante, los estudiantes que declararon estar más activos en clase estaban aún más sincronizados con los otros estudiantes (Figura 3B).

Los dispositivos portátiles de EEG son interesantes porque se pueden utilizar no solo para la investigación, sino también para la enseñanza. En “BrainWaves”, un programa de neurociencia para la escuela secundaria que se desarrolló en la Universidad de Nueva York, los estudiantes utilizan una EEG para conocer sus propios cerebros y aprender cómo funciona la neurociencia. Los estudiantes trabajan con un científico para desarrollar sus propios proyectos de investigación. Por ejemplo, pueden usar la EEG para explorar cómo responde el cerebro ante imágenes de rostros famosos y no famosos o cómo escuchar música afecta a nuestra capacidad de concentración.

La EEG portátil no se inventó para reemplazar la investigación de EEG de laboratorio. Más bien, complementa la investigación de laboratorio

### SINCRONÍA

Las ondas cerebrales suben y bajan juntas. Puede producirse dentro de un cerebro (p. ej., ondas cerebrales de distintas partes del cerebro) o entre cerebros. Este último ejemplo se denomina sincronía cerebro-cerebro.

### Figura 3

(A) La EEG se puede utilizar para medir las ondas cerebrales de estudiantes de secundaria (de: Dikker et al. [3]). (B) Las ondas cerebrales de los estudiantes pueden mostrar una alta sincronía con otros estudiantes, lo que se detectó en los estudiantes que estaban más activos en clase (izquierda). En los estudiantes que estaban menos activos, se observó una baja sincronía con otros estudiantes (derecha).

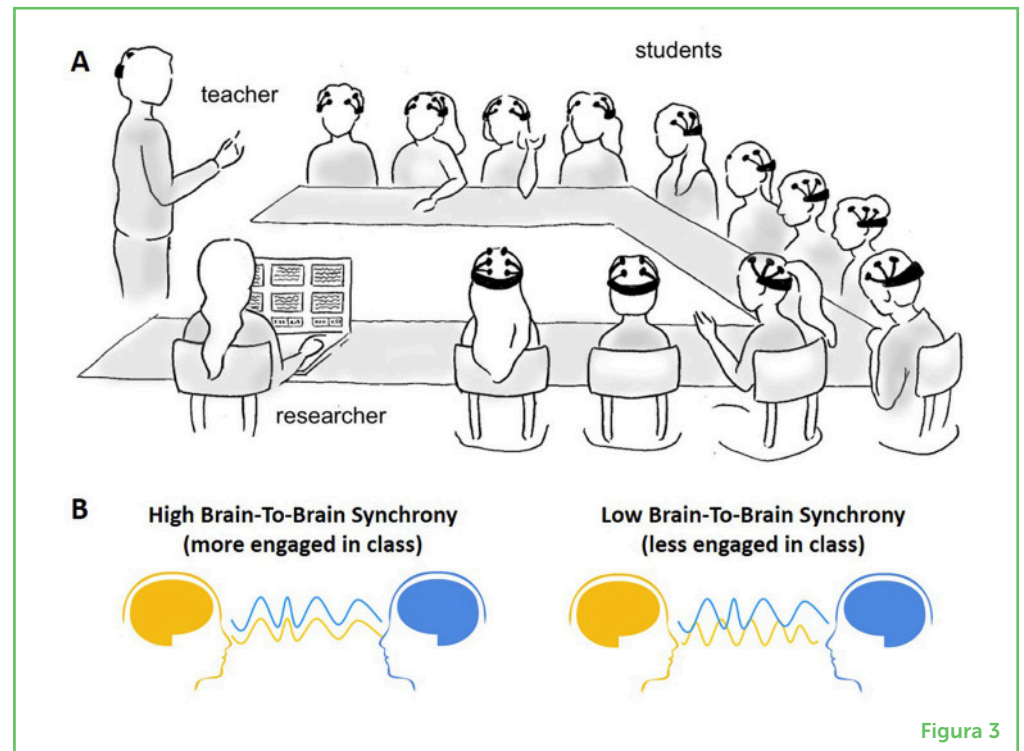


Figura 3

al proporcionar información sobre procesos cerebrales en situaciones cotidianas. Sin embargo, la ventaja de estudiar el cerebro en un entorno más natural conlleva algunas desventajas. La calidad de los datos recopilados por dispositivos EEG portátiles no es tan buena como los datos recogidos en el laboratorio, ya que los dispositivos portátiles tienen muchos menos electrodos y los participantes se mueven más. Además, el entorno fuera del laboratorio no está bajo el control del investigador, por lo que los resultados experimentales pueden ser más difíciles de interpretar.

### ¿SUENA A CIENCIA FICCIÓN?

Después de leer todo esto, ¿qué piensas? ¿Estarías interesado en usar un dispositivo EEG en tu aula, o esta idea te parece algo aterradora? Bueno, para tranquilizarte, hasta ahora la electroencefalografía portátil solo proporciona una medida general de la actividad cerebral. Está claro que la EEG no te puede leer la mente. Por lo tanto, no debes preocuparte de que los investigadores o los maestros te lean el pensamiento si alguna vez te colocas uno de estos dispositivos EEG en la escuela. Te aseguramos que leer la mente es aún ciencia ficción.

Algunas empresas comerciales que fabrican y venden dispositivos de electroencefalografía afirman que la electroencefalografía se puede utilizar para monitorear a los estudiantes leyendo la fuerza de ondas cerebrales distintas y decodificándolas en "concentrado" o "distráido". No creemos que sea muy buena idea por varias razones. En primer

lugar, necesitamos investigar mucho más antes de comprender lo suficiente qué significan las señales de EEG en términos de funciones cerebrales. En segundo lugar, los estudiantes no tienen que estar concentrados todo el tiempo. Sabemos que el cerebro también necesita descansar y, en realidad, la mente errante puede ser útil para el aprendizaje [4].

## CONCLUSIÓN

Los dispositivos EEG portátiles ofrecen grandes oportunidades, como la capacidad de estudiar cómo funciona el cerebro en entornos naturales, como las aulas. El estudio del cerebro en situaciones naturales puede beneficiar especialmente nuestra comprensión de las interacciones sociales, ya que el EEG portátil se puede utilizar para medir la actividad cerebral de varias personas al mismo tiempo mientras interactúan. Además, el EEG portátil también ayuda a los estudiantes a comprender mejor cómo funciona el cerebro. Sin embargo, la ciencia avanza a pequeños pasos, así que dejemos la lectura de mentes para las películas de ciencia ficción y, mientras tanto, comentemos si nos gustaría que alguna vez fuera una realidad [5].

## AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer de todo corazón a quienes ayudaron en la traducción de los artículos de esta colección para hacerlos más accesibles a los niños fuera de los países de habla inglesa, y a la Fundación Jacobs por proporcionar los fondos necesarios para traducir los artículos.

La ilustración de la [Figura 2](#) se ha reimpresso de Dikker et al. [3], Copyright (2017), con autorización de Elsevier.

Nos gustaría expresar nuestro agradecimiento a los miembros y patrocinadores del Emerging Field Group Portable Brain Technologies in Educational Neuroscience Research, financiado por EARLI y a la Fundación Jacobs. NA y TJ cuentan además con el apoyo de una beca de inicio del European Research Council (#716736).

El programa BrainWaves se ha desarrollado con el apoyo del programa Science Education Partnership de los National Institutes of General Medical Sciences de los EE. UU.

## REFERENCIAS

1. Biasiucci, A., Franceschiello, B., and Murray, M. M. 2019. Electroencephalography. *Curr. Biol.* 29:R80–5. doi: 10.1016/j.cub.2018.11.052

2. van Atteveldt, N., van Kesteren, M. T. R., Braams, B., and Krabbendam, L. 2018. Neuroimaging of learning and development: improving ecological validity. *Frontline Learn. Res.* 6:186–203. doi: 10.14786/flr.v6i3.366
3. Dikker, S., Wan, L., Davidesco, I., Kaggen, L., Oostrik, M., McClintock, J., et al. 2017. Brain-to-brain synchrony tracks real-world dynamic group interactions in the classroom. *Curr. Biol.* 27:1375–80. doi: 10.1016/j.cub.2017.04.002
4. Immordino-Yang, M. H., Christodoulou, J. A., and Singh, V. 2012. Rest is not idleness: implications of the brain's default mode for human development and education. *Perspect. Psychol. Sci.* 7:352–64. doi: 10.1177/1745691612447308
5. Williamson, B. 2018. Brain data: scanning, scraping and sculpting the plastic learning brain through neurotechnology. *Postdigit. Sci. Educ.* 1:65. doi: 10.1007/s42438-018-0008-5

**EDITOR:** Stephan E. Vogel

**MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS:** Menton Deweese

**CITACIÓN:** van Atteveldt N, Janssen TWP y Davidesco I (2023) Medición de las ondas cerebrales en el aula. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.00096-es

**TRADUCIDO Y ADAPTADO DE:** van Atteveldt N, Janssen TWP and Davidesco I (2020) Measuring Brain Waves In the Classroom. *Front. Young Minds* 8:96. doi: 10.3389/frym.2020.00096

**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2023 van Atteveldt, Janssen y Davidesco. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

## JÓVENES REVISORES

### THE SCHOOL FOR SCIENCE AND MATH AT VANDERBILT, EDADES: 14–15

Somos una clase de estudiantes de todo Nashville, que se reúne una vez por semana en Vanderbilt para aprender más sobre ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Realizamos experimentos en nuestra aula y en los laboratorios del campus.





## AUTORES



### NIENKE VAN ATTEVELDT

Nienke es una neurocientífica que combina diversos métodos para estudiar las diferencias individuales en el aprendizaje y la motivación. Le apasiona encontrar formas en las que la investigación en neurociencia sobre el aprendizaje y el desarrollo pueda ser relevante para estudiantes y profesores. Su objetivo final como investigadora es aportar conocimientos y herramientas a la educación para que cada vez más niños disfruten aprendiendo. Nienke dirige el Laboratorio de Aprendizaje de la Universidad Libre de Ámsterdam, véase [www.laboflearning.com](http://www.laboflearning.com). \*[nmvan.attedveldt@vu.nl](mailto:nmvan.attedveldt@vu.nl).



### TIEME W. P. JANSSEN

Tieme es un neurocientífico que trabaja a menudo con electroencefalografía (EEG). Le apasiona comprender cómo funcionan los cerebros y por qué lo hacen de manera diferente, por ejemplo, en niños con TDAH. Una de sus líneas de investigación es la aplicación de la neurociencia en las necesidades de la sociedad. Por ejemplo, utiliza la neuroretroalimentación EEG para mejorar la atención en el TDAH o para mostrar a los niños que pueden controlar sus propios cerebros. Tieme lleva la investigación en neurociencia del laboratorio a las aulas y a otros entornos de la vida real mediante tecnología EEG portátil.

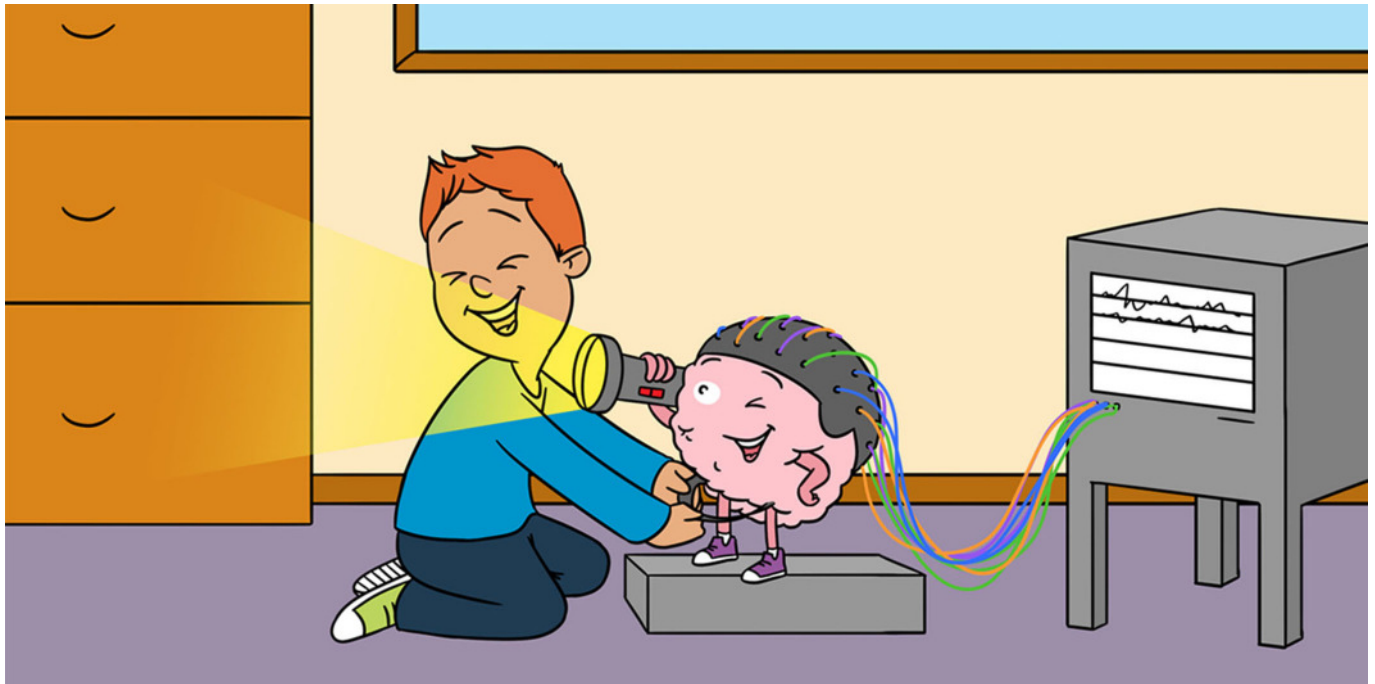


### IDO DAVIDESCO

Ido es un neurocientífico interesado en establecer conexiones entre la ciencia del cerebro y la educación. Realiza investigaciones en las aulas utilizando dispositivos portátiles que miden la actividad cerebral de estudiantes y profesores. También le gusta desarrollar formas para que los estudiantes interactúen con científicos y participen en investigaciones del mundo real relacionadas con el cerebro y el comportamiento.

**Spanish version provided by**  
Versión en español por

 **JACOBS  
FOUNDATION**  
Our Promise to Youth



## USO DE LA LUZ PARA COMPRENDER CÓMO FUNCIONA EL CEREBRO EN EL AULA

**Mojtaba Soltanlou<sup>1,2,3,4\*</sup> y Christina Artemenko<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Psicología, Universidad de Tübinga, Tübinga, Alemania

<sup>2</sup>LEAD Red de Investigación y Escuela de Graduados, Universidad de Tübinga, Tübinga, Alemania

<sup>3</sup>Instituto de la Mente y el Cerebro, Universidad de Ontario Occidental, Londres, ON, Canadá

<sup>4</sup>Departamento de Psicología, Universidad de Ontario Occidental, Londres, ON, Canadá

### JÓVENES REVISORES:



ISTITUTO  
EUROPEO  
LEOPARDI

EDADES:  
11–12

¿Sabías que podemos estudiar el cerebro en el aula? Mucha gente cree que el cerebro sólo puede estudiarse en laboratorios complejos con artefactos enormes y complicados. La espectroscopia funcional del infrarrojo cercano (fNIRS, por sus siglas en inglés) es una nueva técnica que utiliza la luz para monitorizar la actividad del cerebro. La fNIRS tiene ciertas particularidades que la hacen especialmente idónea para observar el cerebro de bebés y niños. Además, es una de las mejores técnicas para estudiar la función cerebral en la vida diaria y en situaciones reales, como el aula o una conversación. No obstante, al igual que las demás técnicas de medición del cerebro, no se puede utilizar para todo, lo que significa que tiene limitaciones. En este artículo, analizamos cómo funciona la fNIRS, cómo se puede utilizar y cuáles son sus ventajas y limitaciones. Hemos constatado que, cuando se utiliza en el campo de la neurociencia educativa, la

fNIRS puede ayudar a los científicos a comprender cómo aprenden los niños.

### ESPECTROSCOPIA FUNCIONAL DEL INFRARROJO CERCANO (fNIRS)

Nueva técnica que ayuda a los científicos a monitorear fácilmente cómo funciona el cerebro utilizando un tipo especial de luz denominado luz del infrarrojo cercano.

### LUZ DEL INFRARROJO CERCANO

Tipo especial de luz que puede atravesar la piel, los huesos y el cerebro y que se usa para medir lo que pasa en el cerebro.

#### Figura 1

(A) La fNIRS utiliza la luz para observar la función cerebral. (B) Fuentes (rojo) y detectores (azul) de la luz en la fNIRS. La luz que atraviesa el cerebro se muestra en forma de plátanos amarillos. (C) Bebé con gorro fNIRS.

## ¿QUÉ ES LA ESPECTROSCOPIA FUNCIONAL DEL INFRARROJO CERCANO (fNIRS)?

La **espectroscopia funcional del infrarrojo cercano (fNIRS)** es una nueva técnica que ayuda a los investigadores a monitorear fácilmente cómo funciona el cerebro. La fNIRS utiliza un tipo especial de luz denominada **luz del infrarrojo cercano** (Figura 1A). La luz del infrarrojo cercano es especial porque puede atravesar la piel, los huesos y el cerebro. La luz se envía al cerebro desde una fuente de luz (rojo en la Figura 1B) y, cuando sale, es recibida por un detector (azul en la Figura 1B). La diferencia entre la cantidad de luz que se envía al cerebro y la que se recibe muestra la actividad del cerebro. Pero ¿por qué hay una diferencia entre la luz enviada y la recibida? ¿Acaso se pierde parte de la luz en su recorrido por el cerebro?

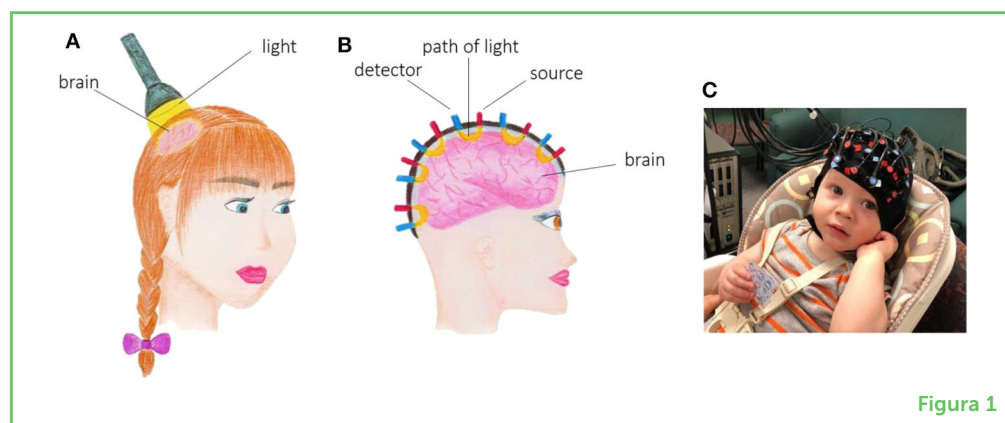


Figura 1

Para responder a estas preguntas, debemos comprender cómo funciona el cerebro. El cerebro funciona con oxígeno, el cual llega al cerebro a través de la sangre. Cuando el cerebro está activo, hay más flujo sanguíneo, lo que significa que hay más oxígeno en el cerebro. La sangre absorbe la luz del infrarrojo cercano, por lo que cuando esta luz se envía al cerebro activo, regresa menos luz, ya que la sangre ha absorbido parte de ella. Por tanto, cuanto más luz se absorbe, menos luz vuelve a salir y más activo está el cerebro.

## ¿CUÁLES SON LAS VENTAJAS, LOS USOS Y LAS LIMITACIONES DE LA fNIRS?

Entre las ventajas de la fNIRS destacan las siguientes:

- Permite realizar pruebas mientras los participantes están sentados o de pie.

- Es fácil de transportar y se puede utilizar en prácticamente cualquier lugar.
- Su uso es sencillo y se configura en solo unos minutos.
- Es una técnica económica.
- Mide la función cerebral varias veces por segundo.
- No duele ni hace ruido.
- Se puede utilizar junto con otras técnicas de medición del cerebro.
- Tolera los movimientos corporales como hablar, escribir o caminar.

Gracia a estas ventajas, la fNIRS puede utilizarse con diversos fines (Figura 2). Por un lado, permite estudiar el cerebro en un entorno natural y en situaciones de la vida diaria, en lugar de solo en laboratorios. Esto es posible porque algunos dispositivos fNIRS son lo suficientemente pequeños como para poder llevarlos a cualquier lugar donde se realice el estudio. Además, durante las mediciones, los participantes no tienen que estar acostados. Pueden sentarse detrás de un escritorio y hacer deberes o trabajar en el ordenador. La fNIRS permite analizar no solo tareas de opción múltiple, sino también actividades mentales complejas que otras técnicas de medición del cerebro no captan. Además, la fNIRS es bastante cómoda para el participante. Esto significa que podemos estudiar el cerebro incluso de bebés y niños (Figura 1C). Por lo general, es difícil estudiar el cerebro de los pequeños porque se mueven mucho, lo que imposibilita el uso de otras técnicas de medición. Además, es posible medir la función cerebral durante periodos prolongados (hasta una hora) de muchos

### Figura 2

La fNIRS se puede utilizar en múltiples situaciones de la vida diaria, como comer, conversar, bailar o escuchar música. Entre otros, permite ver qué sucede en el cerebro de una madre o en el de su bebé cuando se comunican entre sí.

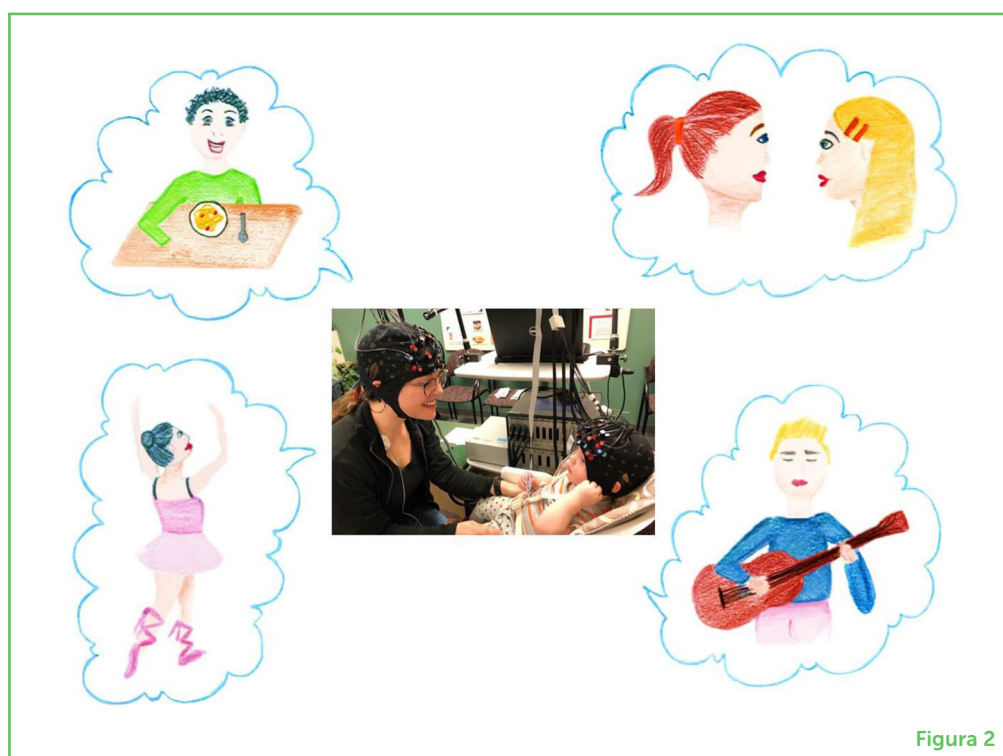


Figura 2

participantes al mismo tiempo. La mayoría de estas ventajas hacen de la fNIRS una técnica única para estudiar el cerebro en situaciones y personas a las que normalmente es difícil o, a veces, imposible acceder con otras técnicas.

Sin embargo, estas ventajas y usos tienen un precio. Tenemos que ser conscientes de las limitaciones de la fNIRS. En primer lugar, la fNIRS mide alrededor de 3 cm del cerebro al mismo tiempo. Cuando hablamos del cerebro, debe quedar claro que se trata de una gran superficie formada por partes más pequeñas. Por lo tanto, una medición con fNIRS podría incluir partes del cerebro con funciones distintas, con lo que no sería tan precisa como las mediciones realizadas con otras técnicas [1]. Además, la fNIRS solo mide la activación de áreas situadas a 1,5-2 cm de profundidad del cerebro. En consecuencia, no sirve para medir funciones que se encuentran en su interior.

Por otro lado, la fNIRS proporciona información solo sobre funciones y no sobre estructuras [1]. Esto significa que podemos comprender cómo funciona el cerebro, pero no cómo es. Además, debido a que mide la cantidad de sangre, la fNIRS es sensible a los latidos del corazón, la presión arterial y las venas de la piel. De este modo, algunos cambios no cerebrales podrían mezclarse con las mediciones de la función cerebral. Por último, debido a que la fNIRS es una técnica nueva, no siempre se utiliza el mismo método de análisis de datos. El análisis de datos es un procedimiento que combina y transforma los datos cerebrales recopilados de distintas personas para mostrarlos de una manera comprensible para todo el mundo. En resumen, si los científicos quieren medir la función cerebral con fNIRS, deben conocer tanto sus ventajas como sus limitaciones.

## ¿CÓMO SE REALIZA UNA FNIRS Y CÓMO SE UTILIZAN SUS DATOS?

En función del estudio y del objeto de investigación, los participantes pueden medirse individualmente o en grupos. Para realizar la fNIRS, deben seguirse ciertos pasos. En primer lugar, medimos la cabeza del participante para encontrar algunos puntos importantes, como el centro de la cabeza. El uso de estos puntos nos permite estimar qué parte del cerebro mide cada sensor. En segundo lugar, colocamos en la cabeza un gorro elástico con las fuentes de luz y los detectores. En tercer lugar, le pedimos al participante que realice una tarea mientras la fNIRS mide su función cerebral (Figura 3). Puede ser cualquier tarea, por ejemplo, un ejercicio de matemáticas. Por último, cuando el participante ha terminado la tarea, apagamos la máquina de fNIRS y retiramos el gorro. El experimento ha concluido.

Por lo general, repetimos el mismo experimento con varios participantes (unos cuarenta niños). A continuación, analizamos todos

### Figura 3

Una fNIRS registra la función cerebral de un niño mientras resuelve un problema de matemáticas.

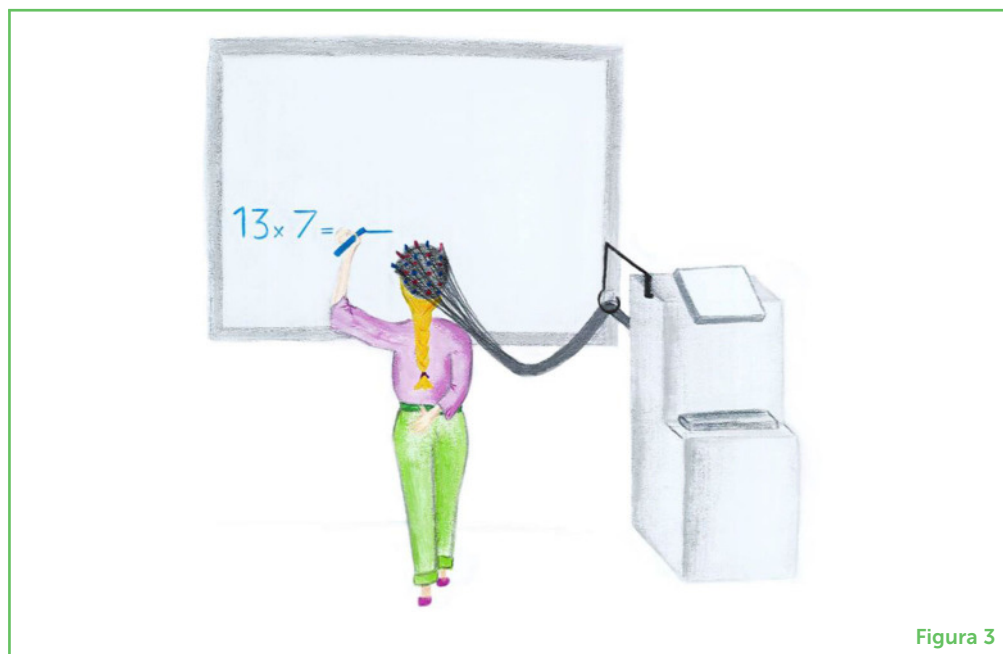


Figura 3

los datos recogidos. Pero ¿qué significa eso? Imaginemos que nuestro objeto de investigación es: “¿qué partes del cerebro están activas durante el cálculo?” Para responder a esta pregunta, medimos la función cerebral en dos situaciones: cuando los participantes están resolviendo problemas matemáticos y cuando simplemente están descansando. Un software informático permite leer y combinar los datos de todos los participantes. A continuación, determinamos los niveles de función cerebral de todos los participantes mientras resuelven problemas o descansan. Ahora, pasamos a comparar estos niveles. Observamos una gran diferencia entre los niveles de la función cerebral durante el cálculo y el descanso en algunas partes del cerebro, pero no en otras. Por lo tanto, podemos concluir que para las matemáticas solo son importantes aquellas partes del cerebro que presentan una gran diferencia entre el cálculo y el descanso.

## CONCLUSIÓN

La fNIRS es una técnica que permite medir la función cerebral incluso en grupos especiales, como bebés y niños [2], y en situaciones de la vida real, como el aula [3]. Estas capacidades hacen que la fNIRS sea idónea para investigar en **neurociencia educativa** [4], la cual utiliza técnicas como esta para estudiar el cerebro y se sirve de los resultados de los estudios del cerebro para mejorar la educación en las escuelas. Si bien la mayoría de las técnicas cerebrales de uso habitual ofrecen excelentes resultados en estudios de adultos, tienen ciertas limitaciones cuando se usan en niños, por lo que aún no sabemos mucho sobre cómo cambia el cerebro a medida que crecemos de bebés a adultos. Afortunadamente, la fNIRS nos permite monitorear los cambios cerebrales y el aprendizaje en los niños [5, 6]. Creemos

### NEUROCIENCIA EDUCATIVA

Campo de estudio del cerebro cuyo objetivo es mejorar la educación en las escuelas.



que el uso de la fNIRS en la neurociencia educativa nos ayudará finalmente a comprender cómo los niños aprenden a leer, escribir y calcular.

## AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer a Bahar Rad, un artista de 16 años, por la ilustración de las figuras, a Merle Bode por haberlas editado y a Zoë Kirste por la corrección de estilo. También agradecemos a Megan y Warren por habernos permitido utilizar las fotografías sobre su participación en un estudio fNIRS. Nos gustaría agradecer de todo corazón a quienes ayudaron en la traducción de los artículos de esta colección para hacerlos más accesibles a los niños fuera de los países de habla inglesa, y a la Fundación Jacobs por proporcionar los fondos necesarios para traducir los artículos.

## REFERENCIAS

1. Hoyos, P., Kim, N., and Kastner, S. 2019. How is magnetic resonance imaging used to learn about the brain? *Front. Young Minds* 7:86. doi: 10.3389/frym.2019.00086
2. Edwards, L. A., Wagner, J. B., Simon, C. E., and Hyde, D. C. 2016. Functional brain organization for number processing in pre-verbal infants. *Dev. Sci.* 19:757–69. doi: 10.1111/desc.12333
3. Obersteiner, A., Dresler, T., Reiss, K., Vogel, A. C. M., Pekrun, R., and Fallgatter, A. J. 2010. Bringing brain imaging to the school to assess arithmetic problem solving: chances and limitations in combining educational and neuroscientific research. *ZDM* 42:541–54. doi: 10.1007/s11858-010-0256-7
4. Soltanlou, M., Sitnikova, M. A., Nuerk, H.-C., and Dresler, T. 2018. Applications of functional near-Infrared spectroscopy (fNIRS) in studying cognitive development: the case of mathematics and language. *Front. Psychol.* 9:277. doi: 10.3389/fpsyg.2018.00277
5. Artemenko, C., Soltanlou, M., Ehlis, A.-C., Nuerk, H.-C., and Dresler, T. 2018. The neural correlates of mental arithmetic in adolescents: a longitudinal fNIRS study. *Behav. Brain Funct.* 14:5. doi: 10.1186/s12993-018-0137-8
6. Soltanlou, M., Artemenko, C., Ehlis, A.-C., Huber, S., Fallgatter, A. J., Dresler, T., et al. 2018. Reduction but no shift in brain activation after arithmetic learning in children: a simultaneous fNIRS-EEG study. *Sci. Rep.* 8:1707. doi: 10.1038/s41598-018-20007-x

**EDITOR:** Stephan E. Vogel

**MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS:** Ruggero Bettinardi

**CITACIÓN:** Soltanlou M y Artemenko C (2023) Uso de la luz para comprender cómo funciona el cerebro en el aula. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00088-es

**TRADUCIDO Y ADAPTADO DE:** Soltanlou M and Artemenko C (2020) Using Light to Understand How the Brain Works In the Classroom. *Front. Young Minds* 8:88. doi: 10.3389/frym.2020.00088

**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2023 Soltanlou y Artemenko. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

## JÓVENES REVISORES

### ISTITUTO EUROPEO LEOPARDI, EDADES: 11–12

Somos un grupo de estudiantes del Istituto Europeo Leopardi y estamos en primer año de secundaria. Nuestros nombres son Lucrezia, Sofia, Benedetta, Eleonora, Francesco, Matteo, Marco, Emma, Greta y Lidia. Vivimos en Milán (Italia) y tenemos entre once y doce años. Somos una clase divertida, agradable, creativa y nos gusta la ciencia y el deporte. ¡Saludos de parte del grupo 1.º A!



## AUTORES

### MOJTABA SOLTANLOU

Soy investigador de la Universidad de Ontario Occidental, Canadá. Antes de dedicarme a la investigación, trabajaba como terapeuta y ayudaba a niños con distintos trastornos. En mi investigación, me gustaría comprender qué sucede en el cerebro cuando un niño aprende algo como las matemáticas y por qué algunos niños tienen dificultades para aprender. En mi tiempo libre, me gusta hacer deporte, tocar el tar y leer libros de historia. \*[mojtaba.soltanlou@gmail.com](mailto:mojtaba.soltanlou@gmail.com)



### CHRISTINA ARTEMENKO

Soy investigadora de la Universidad de Tubinga, Alemania. Mi investigación se centra en las matemáticas y el cálculo. Me gustaría saber qué pasa en el cerebro cuando alguien está haciendo un cálculo y utilizo la fNIRS para estudiar el cerebro. Me gustaría entender qué dificulta el cálculo y por qué algunas personas tienen problemas con las matemáticas. Además de investigando, también disfruto tocando la flauta, haciendo *ballet* o jugando voleibol.



**Spanish version provided by**

Versión en español por

**JACOBS  
FOUNDATION**  
Our Promise to Youth



## ESTUDIO DEL CEREBRO LECTOR CON RESONANCIA MAGNÉTICA POR ARTE DE MAGIA

Nora María Raschle<sup>1\*</sup>, Réka Borbás<sup>1</sup>, Carolyn King<sup>2</sup> y Nadine Gaab<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Centro Jacobs para el Desarrollo Infantil Productivo, Universidad de Zúrich, Zúrich, Suiza

<sup>2</sup>Laboratorios de Neurociencia Cognitiva, Hospital Infantil de Boston, Escuela de Medicina de Harvard, Boston, MA, Estados Unidos

<sup>3</sup>Escuela de Posgrado en Educación de Harvard, Cambridge, MA, Estados Unidos

### JÓVENES REVISORES:



CASCADIA  
ELEMENTARY

EDADES: 8-9

En la serie de libros de Harry Potter, el hechizo de *legeremancia* se utilizaba para acceder a la mente de otra persona y leer sus pensamientos. Sin embargo, la magia conlleva siempre una gran responsabilidad y debe usarse con precaución. Del mismo modo, la resonancia magnética (RM) es una herramienta poderosa que nos permite tomar imágenes detalladas de distintas partes del cuerpo, incluido el cerebro. No obstante, la resonancia magnética también debe usarse e interpretarse con precaución. La resonancia magnética nos brinda la oportunidad de observar diferentes partes del cuerpo desde el exterior. Algunos *muggles* (no hechiceros) usan la resonancia magnética para estudiar los secretos del cerebro humano. Si bien no sirve para leer la mente, puede decirnos cómo es un cerebro, cómo funciona, cómo crece y cómo aprende. Por ejemplo, la resonancia magnética puede ayudarnos a comprender cómo el

## cerebro aprende a leer y qué cambia en los niños que tienen dificultades para aprender a leer.

¿Te gusta leer? ¿Has leído los libros de Harry Potter? La lectura es una habilidad que se aprende siguiendo unas instrucciones (dadas, por ejemplo, por un maestro o por uno de tus padres) y necesita mucha práctica en casa o en el colegio. Son muchos los factores que nos ayudan a convertirnos en grandes lectores. A medida que crecemos, acumulamos experiencias y nuestro cuerpo, nuestro pensamiento, nuestros sentimientos y el entorno que nos rodea están en constante cambio. En los primeros años de vida, aprendemos las habilidades más fáciles, como comprender el significado de ciertos sonidos, reconocer caras o caminar. De hecho, el aprendizaje comienza incluso antes de nacer. A medida que crecemos, aprendemos habilidades más complejas, como decir palabras y oraciones, leer o interactuar con los demás. El aprendizaje de nuevas habilidades va de la mano con el desarrollo del cerebro. Sin embargo, son muchos los factores que pueden afectar a la forma en que nos desarrollamos, incluidos los cambios en nuestro entorno, nuestras experiencias de aprendizaje o incluso nuestro ADN, que es la información biológica que nos transmiten nuestros padres.

Esto también se aplica a la lectura. La lectura es una habilidad que practicamos durante mucho tiempo antes de dominarla. Sin embargo, esta práctica comienza mucho antes de que tomemos nuestro primer libro o vayamos a la escuela. Incluso antes de nacer, comenzamos a escuchar sonidos y partes básicas del lenguaje. Estas experiencias dan forma a áreas del cerebro que luego nos ayudan a desarrollar habilidades de lectura. En 1983, una profesora llamada Jeanne Chall [1] dijo que aprender a leer ocurre en varias etapas (Figura 1). Hoy sabemos que son muchos los factores que pueden afectar a estas etapas de la lectura y que aprender a leer puede diferir en cada niño y en cada parte del mundo. Estas diferencias existen porque en el desarrollo de la lectura intervienen múltiples parámetros, como dónde crecemos, qué idioma hablamos, el vocabulario de nuestro idioma, nuestra capacidad para jugar con los sonidos del habla (por ejemplo, decir "banana" sin pronunciar el sonido /b/) o cuál es nuestra capacidad para comprender historias [2].

### RM

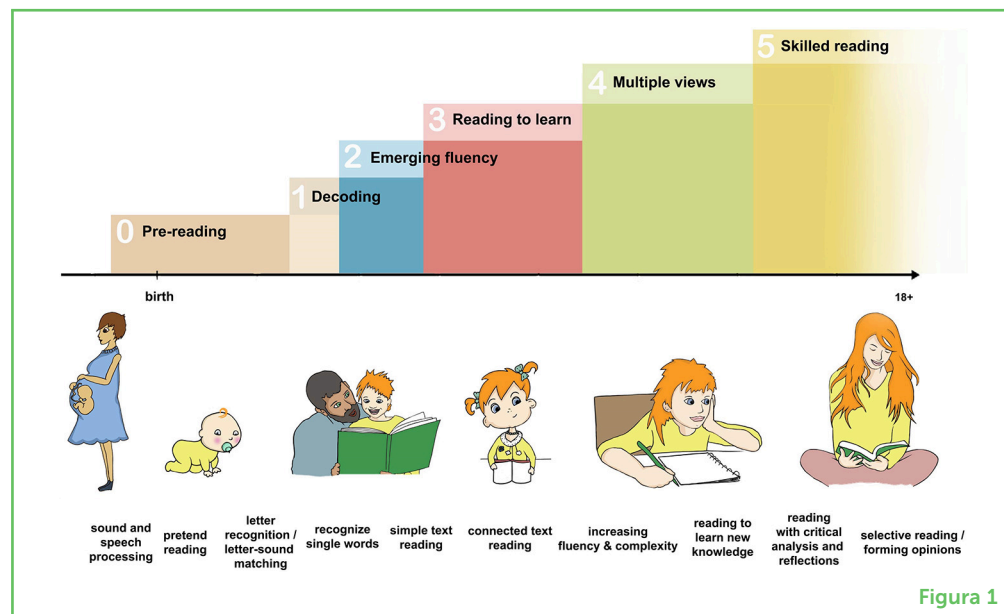
Significa resonancia magnética. La resonancia magnética permite a los científicos tomar imágenes de todas las partes del cuerpo humano. Funciona con imanes potentes y ondas de radio.

## CÓMO APRENDE A LEER EL CEREBRO

Las técnicas de imágenes cerebrales, como la resonancia magnética (RM), permiten estudiar cómo aprende el cerebro. La resonancia magnética es como una cámara grande que puede tomar imágenes de diferentes partes del cuerpo, por ejemplo, el cerebro. La resonancia magnética funciona midiendo las señales que provienen de las moléculas de agua del cuerpo. Cada parte del cuerpo es un poco diferente y, por ello, la señal de la resonancia magnética que proviene

## Figura 1

Aprendemos a leer paso a paso. Son varias las etapas que debemos recorrer para convertirnos en lectores fluidos. Se aprende a leer desde el momento en que el bebé comienza a crecer y continúa durante la escolarización y hasta la edad adulta. (Ilustraciones: N. M. Raschle; la parte superior de este gráfico está adaptada de Chall [1]).



de cada parte también es algo distinta. Gracias a los ordenadores, los científicos pueden crear imágenes detalladas a partir de estas señales (si estás interesado en saber más sobre la física de la resonancia magnética, puedes leer “The physics of MRI and how we use it to reveal the mysteries of the mind”, escrito para niños por Kathryn Broadhouse [3]). La resonancia magnética nos permite estudiar cómo funciona el cerebro mientras hacemos o sentimos algo (función cerebral) o cómo está organizado el cerebro (su estructura).

Cuando el cerebro crece y aprende, se crean conexiones entre distintas partes del mismo. Con el tiempo, estas conexiones crean redes. Las redes son diferentes partes del cerebro que trabajan juntas. Como un grupo musical ya establecido, las redes cerebrales nos ayudan a aprender habilidades como la lectura. Mientras aprendemos, las células del cerebro (llamadas **neuronas**) se conectan entre sí extendiendo sus pequeños brazos (llamados **axones**) o incluso haciendo crecer nuevos brazos. Con el tiempo, muchos axones se conectan entre sí y construyen carreteras largas, llamadas **tractos de sustancia blanca**. Estas carreteras permiten que la información viaje de una parte del cerebro a otra. Gracias a la resonancia magnética, los científicos han aprendido que podemos leer porque algunas partes del cerebro se vuelven más activas y se comunican entre sí a medida que aprendemos. Estas áreas tienen nombres que suenan divertidos, como área occipitotemporal, o el “buzón” del cerebro (donde procesamos letras y palabras); área temporoparietal (nos ayuda a jugar con los sonidos de nuestro idioma, como imaginar que “banana” sin el sonido /b/ es “anana”); y región frontal inferior (el “capitán” que nos dirige). Cuando las áreas del cerebro se comunican entre sí con frecuencia, las carreteras se hacen más fuertes.

## NEURONA

Células nerviosas del cerebro o la médula espinal.

## AXÓN

Parte de la célula nerviosa que puede conectarse con otras células y de esta manera transportar información de una célula a otra.

## TRACTO DE SUSTANCIA BLANCA

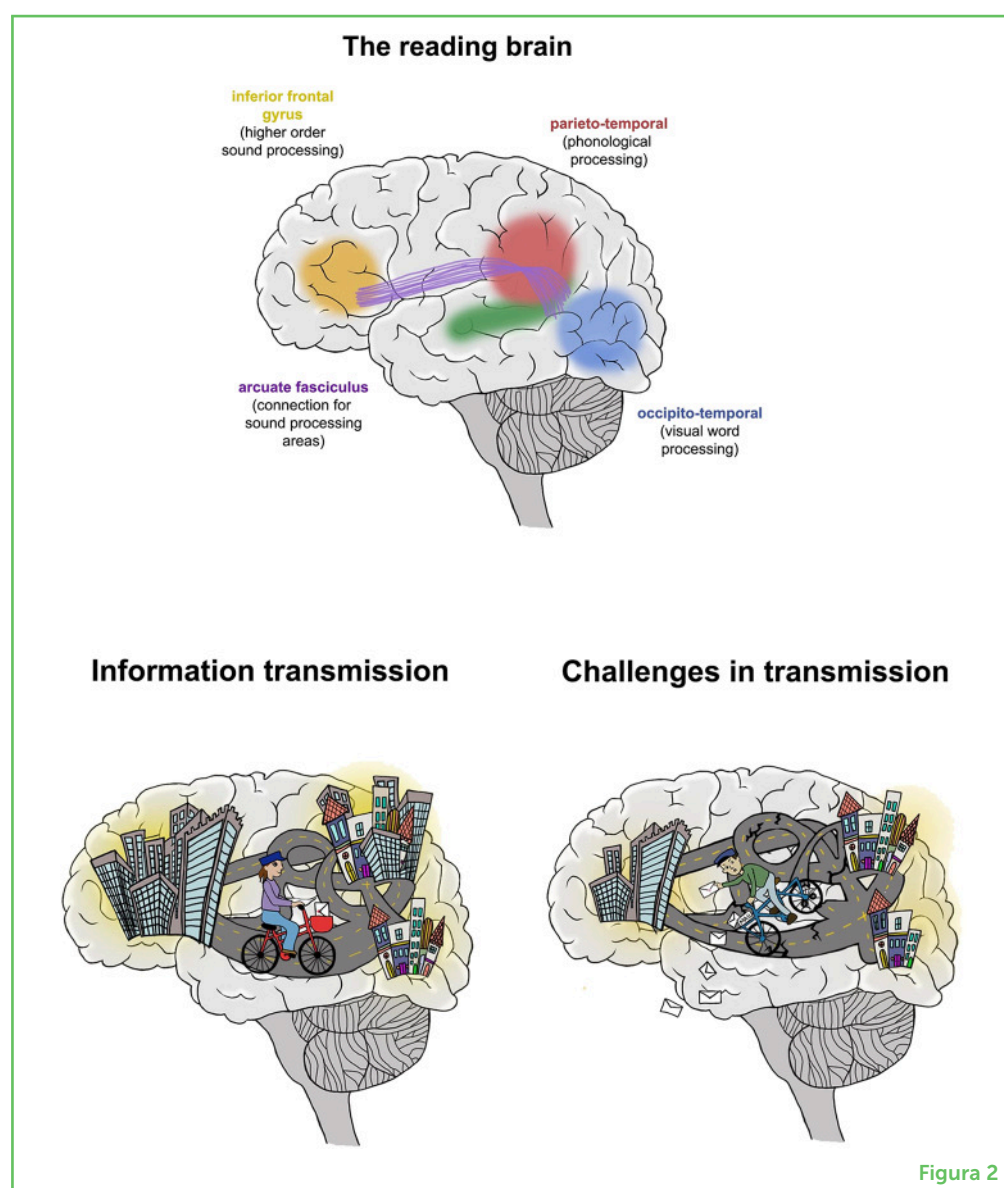
Conjunto de axons que conectan entre sí distintas áreas del cerebro.



Una de las carreteras importantes para la lectura es un conjunto de axones que denominamos fascículo arqueado, porque tiene forma de arco. Dentro de la red de las áreas cerebrales que nos ayudan a leer, los caminos como el fascículo arqueado permiten transportar información de un área a otra. En los niños que tienen dificultades para leer, la red de lectura del cerebro se construye a veces de manera algo distinta o la información toma rutas alternativas. En algunos cerebros, las carreteras que transportan la información entre las áreas de lectura pueden ser estrechas, como tener solo un carril de tráfico en lugar de dos. O las carreteras pueden ser menos lisas, como una carretera con una superficie irregular o muchos semáforos. Estas diferencias dificultan la comunicación entre las regiones del cerebro y, en algunos niños, la lectura se convierte en una tarea difícil (Figura 2).

### Figura 2

El cerebro lector (reading brain). En la parte superior, puedes ver los nombres y las funciones de las regiones del cerebro que se utilizan para leer. Juntas, estas regiones del cerebro forman la red de lectura del cerebro (inferior frontal gyrus, parieto-temporal, arcuate fasciculus, occipito-temporal). Durante la lectura, estas áreas se vuelven más activas y se comunican entre sí. En ocasiones, la transmisión de información por esta red se realiza sin problemas (parte inferior izquierda), pero a veces puede resultar más difícil (parte inferior derecha). (Ilustraciones: N. M. Raschle).





## DISLEXIA DEL DESARROLLO Y LA PARADOJA DE LA DISLEXIA

El desarrollo del cerebro humano es complejo y no sorprende que algunos cerebros se desarrollen de manera distinta a otros. A veces, estas diferencias pueden tener consecuencias que no se descubren hasta una edad avanzada. En un aula normal, aproximadamente uno o dos niños de una clase de veinte sienten que aprender a leer es extremadamente complicado. A muchos investigadores les gustaría poder predecir, lo antes posible, qué niños tendrán dificultades para leer. Es mucho más fácil ayudar a un niño cuando comienzan los problemas que esperar y tratar de ayudarlo años después. Cuando somos jóvenes, nuestro cerebro es mucho más flexible para cosas como el lenguaje, y esto hace que sea más fácil aprender cosas nuevas y resolver problemas. Además, si la ayuda llega muy tarde, algunos niños con dificultades pueden entristecerse, frustrarse o sufrir acoso escolar e incluso pueden dejar de querer aprender. Algunos padres pueden impacientarse y pensar que su hijo no se está esforzando lo suficiente.

Estas son razones importantes por las que los científicos quieren ayudar a identificar a estos niños lo antes posible.

Algunos niños que tienen dificultades para leer pueden ser diagnosticados con **dislexia** del desarrollo, que es un tipo de discapacidad para la lectura. Por lo general, este diagnóstico se realiza después de que los niños lleven cierto tiempo intentando aprender a leer (como en segundo o tercer curso). La dificultad para leer no tiene nada que ver con la falta de práctica, la pereza o la falta de esfuerzo. Sin embargo, en ese momento, los niños necesitan ponerse bastante al día para tener un buen rendimiento en la escuela, lo cual es un gran desafío. Como se mencionó anteriormente, las investigaciones han demostrado que el mejor momento para ayudar a los niños con la lectura es en el jardín de infancia o en primero, cuando el cerebro es mucho más moldeable. La diferencia entre el momento en el que identificamos a los niños que tienen dificultades con la lectura y el momento en el que se les puede ayudar mejor se denomina paradoja de la dislexia, porque es algo que se contradice (Figura 3).

### DISLEXIA

Trastorno del aprendizaje que implica dificultad para leer debido a problemas para identificar los sonidos del habla y aprender cómo se relacionan con las letras y las palabras.

### Figura 3

La paradoja de la dislexia. En la mayoría de los niños, los problemas de lectura no se descubren hasta el segundo o tercer curso (área verde). Sin embargo, el período mejor y más eficaz para ayudarlos es mucho antes (área rosada).

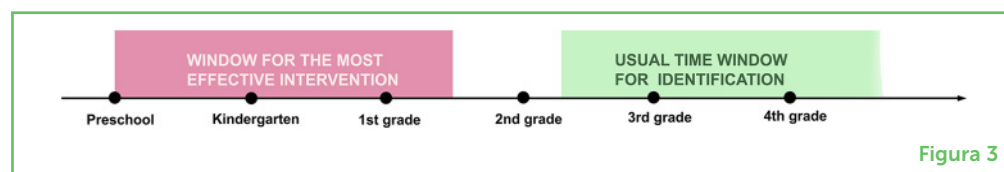


Figura 3

Los científicos han demostrado que podemos detectar los primeros signos de dificultades en la lectura mediante pruebas orales, escritas o por ordenador. Teníamos curiosidad por saber si la resonancia magnética también podría usarse para detectar diferencias tempranas en el cerebro de los niños que, en última instancia, tendrían dificultades para leer. Descubrimos que los niños pequeños que luego

tienen dificultades para aprender a leer parecen tener una red de lectura distinta [4–6]. Sin embargo, con la ayuda y la enseñanza adecuadas, esto se puede cambiar.

## LA MAGIA DE AYUDAR A OTROS

A diferencia de los magos de Harry Potter, los científicos no pueden leer la mente de las personas ni utilizar ninguna otra forma de magia. No obstante, hemos ideado varios métodos y tecnologías para estudiar el cerebro mientras aprende. Uno de ellos es la resonancia magnética. La resonancia magnética ha permitido a los científicos estudiar las partes del cerebro que intervienen en la lectura y nos ha mostrado lo que podría estar sucediendo en el cerebro de los niños que tienen dificultades para leer. Con cada estudio, los científicos aprenden más sobre cómo aprendemos y por qué resulta más difícil a algunas personas que a otras. Finalmente, podemos utilizar esta información para ayudar a cada niño a alcanzar sus metas. Y lograrlo es auténtica magia.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer de todo corazón a quienes ayudaron en la traducción de los artículos de esta colección para hacerlos más accesibles a los niños fuera de los países de habla inglesa, y a la Jacobs Foundation por proporcionar los fondos necesarios para traducir los artículos. Nos gustaría agradecer y dedicar este artículo a todos los niños que tienen o han tenido dificultades para aprender a leer, así como a los educadores, a los padres y a los profesionales que los ayudan.

## REFERENCIAS

1. Chall, J. S. 1983. *Stages of Reading Development*. New York, NY: McGraw-Hill Book Company.
2. Castles, A., Rastle, K., and Nation, K. 2018. Ending the reading wars: Reading acquisition from novice to expert. *Psychol. Sci. Public Interest*. 19:5–51. doi: 10.1177/1529100618772271
3. Broadhouse, K. 2019. The physics of MRI and how we use it to reveal the mysteries of the mind. *Front. Young Minds* 7:23. doi: 10.3389/frym.2019.00023
4. Raschle, N. M., Zuk, J., and Gaab, N. 2012. Functional characteristics of developmental dyslexia in left-hemispheric posterior brain regions predate reading onset. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 109:2156–61. doi: 10.1073/pnas.1107721109
5. Raschle, N. M., Chang, M., and Gaab, N. 2011. Structural brain alterations associated with dyslexia predate reading onset. *Neuroimage* 57:742–9. doi: 10.1016/j.neuroimage.2010.09.055

6. Langer, N., Peysakhovich, B., Zuk, J., Drott, M., Sliva, D., Smith, S., et al. 2017. White matter alterations in infants at risk for developmental dyslexia. *Cereb. Cortex* 27:1027–36. doi: 10.1093/cercor/bhv281

**EDITOR:** Stephan E. Vogel

**MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS:** Carol Thompson

**CITACIÓN:** Raschle NM, Borbás R, King C y Gaab N (2023) Estudio del cerebro lector con resonancia magnética por arte de magia. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00072-es

**TRADUCIDO Y ADAPTADO DE:** Raschle NM, Borbás R, King C and Gaab N (2020) The Magical Art of Magnetic Resonance Imaging to Study The Reading Brain. *Front. Young Minds* 8:72. doi: 10.3389/frym.2020.00072

**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses

**COPYRIGHT** © 2020 © 2023 Raschle, Borbás, King y Gaab. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

## JÓVENES REVISORES

### CASCADIA ELEMENTARY, EDADES: 8–9

¡Nuestra clase es Harbor Seals! Somos un grupo de niños de tercero que aman la lectura y las matemáticas. En nuestra clase, hay nueve niñas y catorce niños. Somos un grupo enérgico al que le encanta comentar distintas ideas y aprender cosas nuevas. Este año nos hemos centrado mucho en colaborar, en hablar y en escucharnos y estamos muy emocionados de formar parte de la comunidad de Frontiers.

## AUTORES

### NORA MARIA RASCHLE

Nora es profesora asistente de psicología en el Centro Jacobs para el Desarrollo Infantil Productivo de la Universidad de Zúrich en Suiza. Su equipo del Laboratorio Infantil NMR está interesado en saber más sobre cómo crece, cambia y aprende el cerebro humano. A Nora también le encanta dibujar caricaturas científicas



y cree que el conocimiento se puede enseñar de una manera divertida y comprensible para todos. Le gusta probar cosas nuevas con sus tres hijos, como hornear un pastel gigante, cantar canciones de karaoke, a pesar de que canta horrible, construir cosas (como robots) o visitar lugares interesantes.

\*[nora.raschle@jacobscenter.uzh.ch](mailto:nora.raschle@jacobscenter.uzh.ch)



### **RÉKA BORBÁS**

Réka es estudiante de doctorado de neuropsicología en el Centro Jacobs para el Desarrollo Infantil Productivo en la Universidad de Zúrich, Suiza. Trabaja con familias y está muy interesada en cómo funcionan los cerebros de los niños y de sus padres. Para ello, está preparando a las familias para que se sometan a un escáner de resonancia magnética y así poder echar un vistazo a sus cerebros. En el Laboratorio Infantil NMR, intenta hacer que la investigación sea divertida para todos y está desarrollando juegos muy entretenidos para jugar dentro del escáner. En su tiempo libre, le gusta jugar a juegos de mesa, acurrucarse con su gato peludo y hacer pasteles para amigos y familiares.



### **CAROLYN KING**

Carolyn es asistente de investigación en los laboratorios de neurociencia cognitiva del Hospital Infantil de Boston y la Escuela de Medicina de Harvard. Trabaja con niños todos los días para comprender cómo algunos aprenden a leer y a hacer ejercicios de matemáticas de manera diferente a otros. Pasa la mayor parte de su tiempo jugando juegos de pensar con niños de edad preescolar y jardín de infancia, y también viaja por los Estados Unidos para probar nuevos juegos. A Carolyn le encanta ir de excursión a las montañas más altas que pueda encontrar y jugar con alpacas, conejos y gatos en la granja de alpacas de su abuela. Una de las alpacas incluso ha subido una montaña, ¡y Carolyn espera poder hacer senderismo con ella!



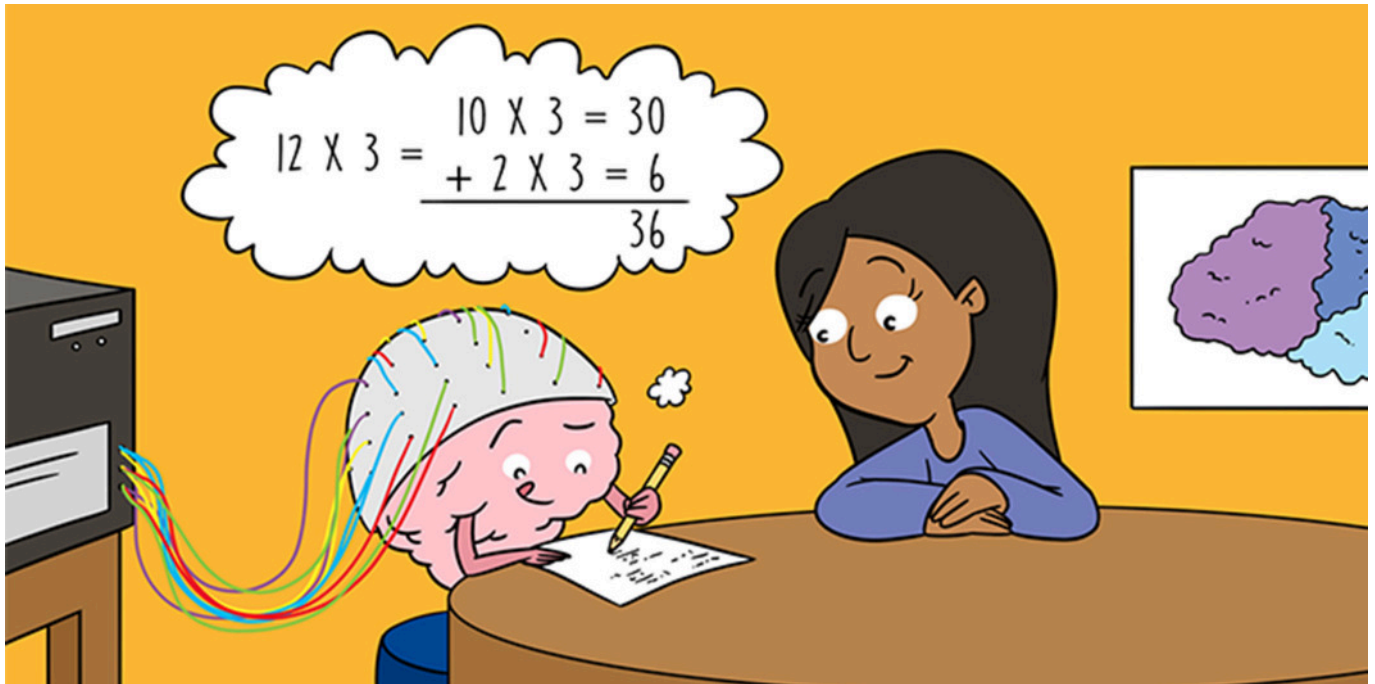
### **NADINE GAAB**

Nadine es profesora del Hospital Infantil de Boston y la Escuela de Medicina de Harvard. Su semana laboral habitual incluye mirar el cerebro de los niños, charlar con sus alumnos, dar una clase, participar de reuniones aburridas o jugar con los niños que van al laboratorio. También viaja a lugares (en su mayoría geniales) y le habla a la gente sobre la dislexia, el desarrollo de la lectura y el cerebro. En su tiempo libre, le gusta jugar a juegos de mesa con sus tres hijos y disfruta viendo jugar a su hija al fútbol y a su hijo al béisbol. Le encanta comer marisco y helado de chocolate.

**Spanish version provided by**

Versión en español por

**JACOB'S**  
**FOUNDATION**  
Our Promise to Youth



## ¿CUÁNTO ES $2 \times 4$ ? COMPRENDER CÓMO EL CEREBRO RESUELVE PROBLEMAS ARITMÉTICOS

Nikolaus Koren<sup>†</sup>, Judith Scheucher<sup>†</sup> y Stephan E. Vogel<sup>\*</sup>

Sección de Neurociencia Educativa, Instituto de Psicología, Universidad de Graz, Graz, Austria

### JÓVENES REVISORES:



DR. H.  
BAVINCK-  
SCHOOL

EDADES: 8–12



LIJIA  
EDAD: 12

¿Cuánto es  $2 \times 4$ ? Parece una pregunta fácil, pero ¿alguna vez te has parado a pensar en cómo resuelves este problema? En este artículo aprenderás dos estrategias diferentes que utilizamos para resolver problemas aritméticos. También conocerás las diferentes áreas del cerebro, como el surco intraparietal, que trabajan juntas cuando usas estas estrategias. La estrategia y las regiones del cerebro que utilizas cambian con el tiempo a medida que te familiarizas con la aritmética. Esta transición es especialmente visible en la forma en que las áreas del cerebro funcionan y se comunican entre sí; algunas áreas se vuelven más activas, mientras que otras se vuelven menos activas. Después de leer este artículo, sabrás algo más sobre las técnicas que utilizamos para resolver problemas aritméticos y las áreas del cerebro necesarias para encontrar las respuestas para tu próxima tarea matemática.

## DISCALCULIA DEL DESARROLLO

Es una dificultad para aprender o comprender la aritmética. Para obtener una buena descripción general, véase el artículo de Young Minds; Cuando tu cerebro no puede calcular  $2 + 2$ : un caso de discalculia del desarrollo [1].

### Figura 1

Ejemplo de disposición para un estudio que investiga la resolución de problemas aritméticos. A los participantes se les presenta un problema aritmético en una pantalla de ordenador. Una vez que se da una respuesta, aparece un nuevo problema. Para cada problema, los investigadores registran el tiempo que tomó resolverlo (velocidad) y si la respuesta fue correcta (precisión).

## INTRODUCCIÓN

Dado que las matemáticas son una de las habilidades más importantes en el aprendizaje, comprender cómo se resuelven los problemas aritméticos puede tener un gran efecto. No solo necesitas las matemáticas todos los días en la escuela, sino que también las necesitarás como adulto. Si quieres convertirte en programador, ingeniero o científico, tendrás que lidiar con números a diario. Dado que las matemáticas son relevantes en casi todos los trabajos, las personas que no son buenas en matemáticas a veces tienen dificultades para encontrar trabajo. Algunos de ellos incluso podrían sufrir de algo llamado **discalculia del desarrollo**. Por lo tanto, comprender lo que sucede en el cerebro cuando hacemos cálculos puede ser muy útil para los niños que tienen dificultades con las matemáticas. Comprender la razón de estas dificultades hace posible que los maestros estructuren sus lecciones de una manera que permita a los niños aprender más fácilmente. Y, por supuesto, el simple hecho de tener curiosidad por saber cómo funcionan las cosas siempre es motivo suficiente para realizar un experimento.

## ¿HAY DIFERENTES MANERAS DE RESOLVER UN PROBLEMA ARITMÉTICO?

Para estudiar aritmética, se suele pedir a niños y adultos que resuelvan problemas aritméticos con la mayor rapidez y precisión posibles. Los problemas generalmente se presentan en la pantalla de un ordenador, uno tras otro (véase la [Figura 1](#)). Una vez que el participante da una respuesta, aparece el siguiente problema. Para estudiar las



Figura 1



diferentes estrategias que utilizamos en aritmética, los científicos suelen utilizar una combinación de diferentes operaciones aritméticas de diversa dificultad.

Mediante estos métodos, los científicos descubrieron que los problemas aritméticos se pueden dividir en dos categorías: problemas pequeños y problemas grandes. Los problemas pequeños se resuelven muy rápidamente y los participantes cometen menos errores al resolverlos. Un buen ejemplo sería  $2 \times 4$ . Los problemas grandes suelen ser un poco más complicados de resolver. Los participantes tardan más en resolverlos y también cometen más errores. Un buen ejemplo sería  $12 \times 3$ . Los científicos a veces no se ponen de acuerdo sobre dónde trazar la línea que divide los problemas pequeños de los problemas grandes. La dificultad para resolver un problema depende de tu edad y tu capacidad. Sin embargo, las diferencias en la velocidad y el error entre problemas pequeños y grandes sugieren que utilizamos dos estrategias principales para resolverlos [2].

La primera estrategia, calcular la respuesta, es la que a menudo se usa con problemas grandes. Se llama *estrategia procedimental*, porque llegar a la respuesta implica varios pasos, o varios procedimientos. Por ejemplo, para resolver  $12 \times 3$ , puedes dividir el problema en dos problemas más fáciles como  $10 \times 3 = 30$  y  $2 \times 3 = 6$ . Luego, puedes sumar los resultados para obtener la respuesta "36". No obstante, agregar pasos adicionales tiene sus desventajas. Se necesita más tiempo y cada paso también aumenta la posibilidad de cometer errores. Sin embargo, no usas la misma estrategia para resolver el mismo problema siempre. Después de resolverlo varias veces, llegará un día en que la respuesta correcta simplemente aparecerá en tu cabeza. Esto te muestra que ha cambiado la forma en que resuelves este problema.

Ahora estás utilizando la segunda estrategia, saber la respuesta de memoria, que a menudo se llama *estrategia de recuperación* o recuperación de datos. Al practicar el mismo problema varias veces, almacenas la respuesta en tu memoria a largo plazo. El cambio de utilizar la estrategia procedimental a utilizar la estrategia de recuperación es un paso importante durante el desarrollo de las habilidades aritméticas [3]. En lugar de calcular la respuesta, ahora puedes recordarla. Además, al mejorar en la resolución de problemas más fáciles, también mejoras en la resolución de problemas más difíciles. Para comprender mejor estos cambios, debemos mirar dentro de nuestro cerebro mientras resuelve problemas aritméticos. Para ello, los científicos utilizan diferentes herramientas, como la **electroencefalografía (EEG)** y la **resonancia magnética funcional (RMf)**, véase la Figura 2).

### ELECTROENCEFALOGRAFÍA (EEG)

Es una herramienta neurocientífica para medir las señales eléctricas que produce un cerebro. Este método puede decirnos con gran precisión en qué momento las áreas del cerebro están realizando una tarea específica.

### RESONANCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL (RMf)

Es una herramienta para medir las diferencias de oxígeno en el cerebro. Debido a que las áreas activas necesitan más oxígeno durante una tarea, podemos decir con gran precisión qué áreas están realizando el trabajo.

### Figura 2

Niños participando en uno de nuestros estudios de resonancia magnética funcional (RMf, izquierda) y electroencefalografía (EEG, derecha). Estas dos herramientas permiten a los científicos estudiar el cerebro mientras está funcionando.



Figura 2

### ÁREAS CEREBRALES

El cerebro se puede dividir en cuatro partes principales: la corteza frontal, la corteza parietal, la corteza temporal y la corteza occipital. Cada corteza contiene áreas del cerebro con funciones únicas.

### Figura 3

En esta figura se puede ver una serie de áreas del cerebro y una conexión que son importantes para la aritmética. Dos de estas áreas están en la corteza frontal (rojo) y dos están en la corteza parietal (amarillo). La forma en que funcionan juntas cuando calculas depende de tu edad y tu capacidad. Otra área importante del cerebro, el hipocampo, se encuentra en el centro del cerebro y, por lo tanto, está oculta a la vista.

## ¿QUÉ ÁREAS CEREBRALES ESTÁN IMPLICADAS EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS?

A veces, tratar de comprender cómo funciona el cerebro puede parecer como resolver un complicado rompecabezas. De la misma forma en que un rompecabezas se compone de diferentes piezas, el cerebro está formado por diferentes **áreas cerebrales** (véase la Figura 3). Comprender la función de cada una de las áreas del cerebro te dará una idea más clara de cómo cada área encaja en el rompecabezas.

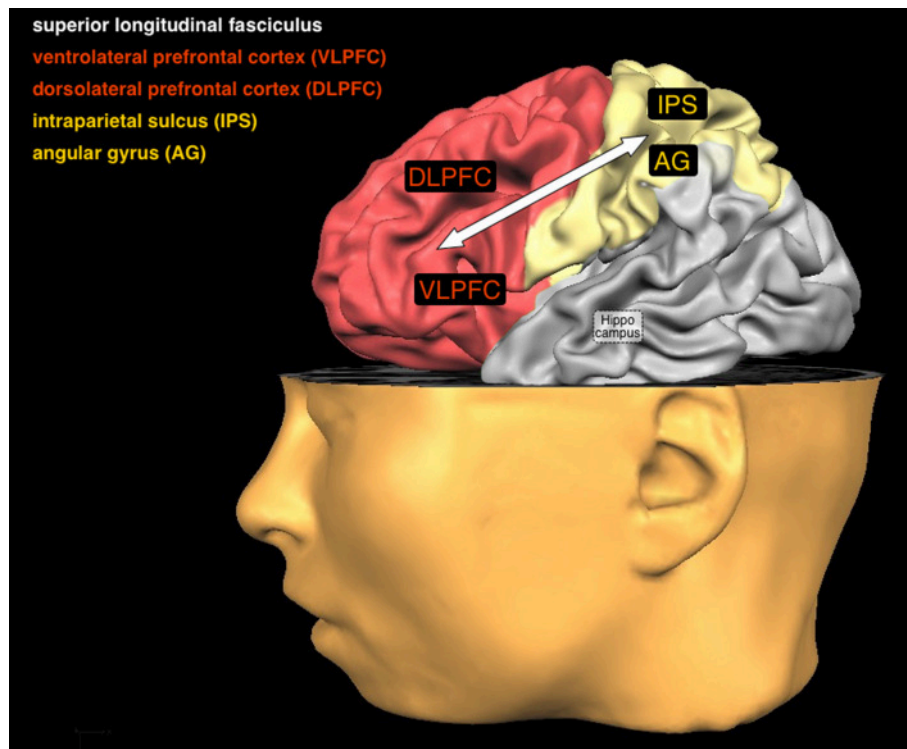


Figura 3

La primera pieza del rompecabezas es el surco intraparietal (SIP). Este se encuentra en la corteza parietal y es responsable de comprender el significado de los números [4]. El primer paso al resolver un problema aritmético es comprender la magnitud de un número. Por ejemplo, debes saber que "4 perros" son más que "2 perros". También debes comprender el orden de los números (es decir, "1" viene antes de "2", "2" viene antes de "3", y así sucesivamente). Mientras calculas, usas tu comprensión de la magnitud y el orden para encontrar la solución correcta.

Las siguientes piezas del rompecabezas implican tres áreas del cerebro en la corteza frontal. La corteza prefrontal ventrolateral trabaja con regiones de la corteza parietal para eliminar las distracciones, como soñar despierto sobre tu próximo paseo en bicicleta con tus amigos. La corteza prefrontal dorsolateral es necesaria para trabajar con números, como dividir un gran problema en pasos más fáciles. Se ha descubierto que el giro frontal inferior desempeña un papel importante al ignorar respuestas similares pero incorrectas [5].

Las últimas piezas de nuestro rompecabezas son el hipocampo y el giro angular. El hipocampo está ubicado en el interior del cerebro. Desempeña un papel importante en el almacenamiento de hechos aritméticos [6]. El hipocampo es el botón "Guardar" del cerebro. Cuando se trata de matemáticas, trabaja con la corteza frontal para ayudarte a almacenar las respuestas de los problemas aritméticos como hechos aritméticos en la memoria a largo plazo. El giro angular participa entonces en la búsqueda de estos hechos cuando se resuelven problemas aritméticos.

## ¿CÓMO CAMBIA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS ARITMÉTICOS A MEDIDA QUE SE ENVEJECE?

¿Alguna vez has trabajado con tus amigos en un rompecabezas desafiante? Si es así, probablemente habéis trabajado juntos para resolverlo. Tu cerebro funciona de manera similar. Las diferentes regiones del cerebro trabajan juntas al resolver un problema. La última pieza de nuestro rompecabezas es comprender cómo estas áreas del cerebro trabajan juntas cuando haces cálculos. Como ya sabes, la forma en que resuelves los problemas aritméticos cambia a medida que envejeces. En lugar de utilizar principalmente estrategias procedimentales para resolver problemas aritméticos, comienzas a utilizar con más frecuencia la estrategia de recuperación de datos. Pero esto no es lo único que cambia. Los científicos han descubierto que durante este proceso también cambia la forma en la que las diferentes áreas del cerebro trabajan juntas. Por ejemplo, mientras eres joven, la corteza frontal tiene un papel muy importante. Gestiona la **memoria de trabajo** y la atención, ya que la forma en que resuelves problemas aritméticos implica varios pasos (estrategias procedimentales). A medida que envejeces y comienzas a utilizar la

### MEMORIA DE TRABAJO

Una función crucial de tu cerebro. De manera similar a la memoria de trabajo de un ordenador, almacena la información en la mente para trabajar con ella cuando la necesitas.

recuperación de datos, el papel de la corteza frontal cambia. Cuando observamos la corteza frontal utilizando RMf o EEG, se puede ver que esta se vuelve menos activa a medida que envejecemos. Todavía está implicada en el proceso para encontrar la respuesta correcta, pero no tiene que trabajar tan duro como antes. Tal vez hayas experimentado algo similar al cooperar con tus amigos. Al principio, es posible que uno de vosotros haya tenido que vigilar el progreso de los demás y dar instrucciones sobre qué hacer a continuación (similar a la corteza frontal). Una vez que hayáis resuelto con éxito varios acertijos, entonces seréis capaces de trabajar juntos sin necesidad de que alguien controle siempre vuestro progreso. El papel del hipocampo también cambia. Durante la recuperación de datos es más activo en los niños pequeños que en los adultos [7]. Esto se debe a que, cuando eres joven, el hipocampo todavía está trabajando duro para guardar las respuestas a los problemas aritméticos en tu memoria a largo plazo. A medida que envejeces, el hipocampo tiene que trabajar cada vez menos, ya que te encuentras cada vez menos respuestas nuevas que deben guardarse en tu memoria.

Todas las áreas del cerebro trabajan juntas comunicándose entre sí. Esta comunicación ocurre a través de una amplia red de vías (llamada sustancia blanca), que conecta todas las áreas del cerebro. Estas redes son similares a la forma en la que las carreteras conectan diferentes ciudades. Una de estas carreteras en el cerebro se llama *fascículo longitudinal superior*. Esta vía conecta la corteza prefrontal con la corteza parietal (donde se encuentra el SIP) [8]. Dado que diferentes regiones del cerebro están implicadas en el proceso de resolución de problemas aritméticos en ciertos momentos de tu vida, las conexiones entre estas regiones también cambian. Los científicos todavía están tratando de comprender completamente cómo y por qué estas conexiones cambian a medida que se envejece. Eso significa que, aunque ya sabemos mucho sobre cómo se resuelven problemas aritméticos, todavía necesitamos investigar más para completar el rompecabezas del cerebro en el ámbito del cálculo matemático.

## RESUMEN

Aunque parezca un proceso simple a primera vista, resolver un problema aritmético en realidad implica muchos pasos. No solo eso, sino que, a medida que envejecemos, utilizamos diferentes estrategias para resolverlos. Casi todas las partes de tu cerebro implicadas cambian. Al principio, muchas áreas del cerebro trabajan juntas para resolver un problema aritmético. Algunas te mantienen concentrado en la tarea, otras supervisan y memorizan los resultados de tus cálculos. El hipocampo guarda el resultado correcto en la memoria a largo plazo. A medida que envejeces, solo necesitas algunas áreas cerebrales especializadas para resolver el mismo problema. Tu cerebro ahora funciona de manera muy eficiente. La próxima vez que hagas tu

tarea de matemáticas, ¡detente un instante para pensar en todas las diferentes áreas del cerebro que están implicadas!

## AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer de todo corazón a quienes ayudaron en la traducción de los artículos de esta colección para hacerlos más accesibles a los niños de habla no inglesa, y a la Fundación Jacobs por proporcionar los fondos necesarios para traducir los artículos.

## REFERENCIAS

1. Bugden, S., and Ansari, D. 2014. When your brain cannot do  $2 + 2$ : a case of developmental dyscalculia. *Front. Young Minds* 2:8. doi: 10.3389/frym.2014.00008
2. Siegler, R. S. 1996. *Emerging Minds: The Process of Change in Children's Thinking*. New York, NY: Oxford University Press. doi: 10.5860/choice.34-5984
3. De Smedt, B. 2016. "Individual differences in arithmetic fact retrieval," in *Mathematical Cognition and Learning*, eds D. B. Berch, D. C. Geary, and K. M. Koepke (San Diego, CA: Academic Press). p. 219–43. doi: 10.1016/B978-0-12-801871-2.00009-5
4. Vogel, S. E., Goffin, C., and Ansari, D. 2015. Developmental specialization of the left parietal cortex for the semantic representation of Arabic numerals: an fMR-adaptation study. *Dev. Cogn. Neurosci.* 12, 61–73. doi: 10.1016/j.dcn.2014.12.001
5. De Visscher, A., Vogel, S. E., Reishofer, G., Hassler, E., Koschutnig, K., De Smedt, B., et al. 2018. Interference and problem size effect in multiplication fact solving: individual differences in brain activations and arithmetic performance. *Neuroimage* 15:718–27. doi: 10.1016/j.neuroimage.2018.01.060
6. Qin, S., Cho, S., Chen, T., Rosenberg-Lee, M., Geary, D. C., and Menon, V. 2014. Hippocampal-neocortical functional reorganization underlies children's cognitive development. *Nat. Neurosci.* 17:1263–9. doi: 10.1038/nn.3788
7. Cho, S., Metcalfe, A. W. S., Young, C. B., Ryali, S., Geary, D. C., and Menon, V. 2012. Hippocampal–prefrontal engagement and dynamic causal interactions in the maturation of children's fact retrieval. *J. Cogn. Neurosci.* 24:1849–66. doi: 10.1162/jocn\_a\_00246
8. Matejko, A. A., and Ansari, D. 2015. Drawing connections between white matter and numerical and mathematical cognition: a literature review. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 1:35–52. doi: 10.1016/j.neubiorev.2014.11.006

**EDITOR:** Sabine Peters

**MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS:** Sok King Ong

**CITACIÓN:** Koren N, Scheucher J y Vogel SE (2023) ¿Cuánto es  $2 \times 4$ ? comprender cómo el cerebro resuelve problemas aritméticos. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00048-es



**TRADUCIDO Y ADAPTADO DE:** Koren N, Scheucher J and Vogel SE (2020) How much Is 2 X 4? Understanding How the Brain Solves Arithmetic Problems.. Front. Young Minds 8:48. doi: 10.3389/frym.2020.00048

**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2023 Koren, Scheucher y Vogel. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

## JÓVENES REVISORES

### DR. H. BAVINCK SCHOOL, EDADES: 8–12

Somos las clases de Spectrum 5–6 y 7–8 de la Bavinckschool en Haarlem, Países Bajos. Somos un grupo de 40 niños (19 en el grupo 5–6 y 21 en el grupo 7–8) ansiosos por aprender un poco más de lo que el programa escolar regular ofrece. SeNos divertimos mucho revisando para FYM, leímos los artículos con gran atención y entusiasmo, e hicimos una evaluación crítica. ¡Realmente disfrutamos contribuyendo a la ciencia y ayudando!

### LIJIA, EDAD: 12

LiJia es una lectora ávida desde que era pequeña; leía la mayoría de los libros que podía encontrar en la biblioteca o en casa, incluidas las novelas largas, de forma independiente. Tiene curiosidad por la vida y cómo funcionan los seres humanos. Actualmente asiste a clases de 8° grado en una escuela internacional en el sudeste asiático.

## AUTORES

### NIKOLAUS KOREN

Soy un estudiante de posgrado en la Universidad de Graz, Austria, donde actualmente estoy terminando mi máster en Psicología con enfoque en Neurociencia Cognitiva. Mi tesis de máster se centra en los correlatos electrofisiológicos de la resolución de problemas aritméticos en niños. Creo que es importante comunicar los hallazgos científicos fuera del propio campo de investigación. Cuando no estoy en el laboratorio, probablemente esté explorando el aire libre con amigos, ya sea a pie o en bicicleta.





**JUDITH SCHEUCHER**

Soy un estudiante de posgrado en la Universidad de Graz, Austria, donde estudio Psicología con especialización en Neurociencia Cognitiva. Para mi tesis de máster, estoy usando la electroencefalografía (EEG) para investigar la resolución de problemas aritméticos en niños. En el futuro, mi objetivo es realizar un doctorado en neurociencias y seguir trabajando en este fascinante campo. Mi tiempo libre lo paso principalmente tocando en una banda, aprendiendo a tocar nuevos instrumentos musicales y leyendo toneladas de novelas policíacas nórdicas.

**STEPHAN E. VOGEL**

Soy profesor asistente en el Instituto de Psicología de la Universidad de Graz. Mi investigación se centra en el desarrollo del cerebro humano. En concreto, estoy muy interesado en comprender mejor cómo cambian las redes del cerebro y sus funciones a medida que envejecemos. Para estudiar estos procesos, utilizo diferentes herramientas neurocientíficas como la electroencefalografía (EEG) y la resonancia magnética funcional (RMf). También trabajo e interactúo con los maestros para ayudarlos a comprender mejor cómo aprende el cerebro del niño. Durante mi tiempo libre, me gusta practicar montañismo y esquiar en las hermosas montañas de Austria. \*[stephan.vogel@uni-graz.at](mailto:stephan.vogel@uni-graz.at)

<sup>†</sup>Estos autores han contribuido equitativamente a este trabajo.

**Spanish version provided by**

Versión en español por





## HAZ ESPACIO: LA IMPORTANCIA DEL PENSAMIENTO ESPACIAL PARA APRENDER MATEMÁTICAS

Katie A. Gilligan\*

Escuela de Psicología, Universidad de Surrey, Guildford, Reino Unido

### JOVEN REVISOR:



GONI

EDAD: 11

El pensamiento espacial te permite comprender tanto la ubicación y la dimensión de objetos, como el modo en que se relacionan entre sí objetos distintos. También te permite visualizar y manipular objetos y formas en tu cabeza. El pensamiento espacial no solo es muy importante para las tareas cotidianas, sino que una nueva investigación demuestra que es esencial para aprender matemáticas. Los niños y los adolescentes que son buenos en tareas espaciales, también son buenos en matemáticas. Además, se sabe que algunas de las partes del cerebro que se utilizan para el pensamiento espacial también se activan cuando resolvemos problemas de matemáticas. La buena noticia es que muchos estudios han demostrado que puedes mejorar tu pensamiento espacial gracias al “entrenamiento”. Esto significa que practicar juegos espaciales y realizar actividades espaciales puede mejorar tu desempeño espacial. En este artículo desarrollamos las formas en las que puedes mejorar tu pensamiento espacial y analizamos la evidencia que sugiere que el entrenamiento espacial también puede mejorar tu habilidad matemática.

## PENSAMIENTO ESPACIAL

Modo en que el cerebro procesa la posición y la forma de objetos distintos.

## MATEMÁTICAS

Tema relacionado con números y cantidades.

## INTRODUCCIÓN

¿Cómo sabes organizar objetos, hacer una maleta o meter los libros en la mochila? ¿Cómo sabes ponerte los zapatos en el pie correcto o abrocharte bien la camisa? ¿Cómo te desplazas por un centro comercial y cómo sabes qué hacer si te bajas del autobús en la parada incorrecta? Todas estas tareas dependen de las habilidades espaciales. Las personas dependen de sus habilidades de **pensamiento espacial** cientos de veces al día sin darse cuenta. Incluso más allá de las actividades cotidianas, la mayoría de las personas, incluidos los profesores, no se dan cuenta de que el pensamiento espacial puede influir en cómo te va en la escuela, especialmente en las clases de **matemáticas**. Entonces, ¿qué es el pensamiento espacial y es posible convertirse en un pensador espacial experto?

## PENSAMIENTO ESPACIAL: ¿CÓMO LO MEDIMOS?

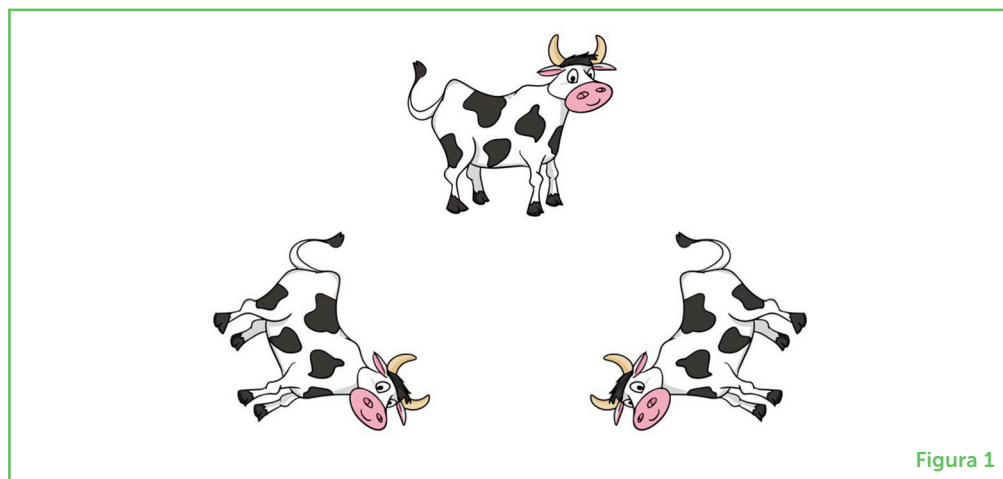
Utilizamos el pensamiento espacial para comprender la ubicación (posición) y las dimensiones (como longitud y tamaño) de los objetos, y cómo se relacionan entre sí objetos distintos. Es importante comprender que el pensamiento espacial no es solo una habilidad, sino un conjunto de habilidades diferentes. A continuación, se describen algunas de las habilidades espaciales más importantes y las pruebas que los científicos utilizan para medirlas.

### Rotación mental

La rotación mental nos permite girar (manipular) imágenes en nuestra mente. Puedes probar tú mismo: cierra los ojos e imagina un objeto, por ejemplo, un automóvil. Ahora, ¿te imaginas cómo sería ese coche si estuviera al revés? Para ello, debes usar la rotación mental. En la **Figura 1** puedes ver una prueba de rotación mental. ¿Puedes elegir qué imagen de la parte inferior es la misma que la imagen de la parte superior? Para averiguarlo, debes girar las vacas en tu mente. Entonces puedes afirmar que la vaca de la izquierda es la misma que la vaca

**Figura 1**

Ejemplo de tarea de rotación mental.



**Figura 1**

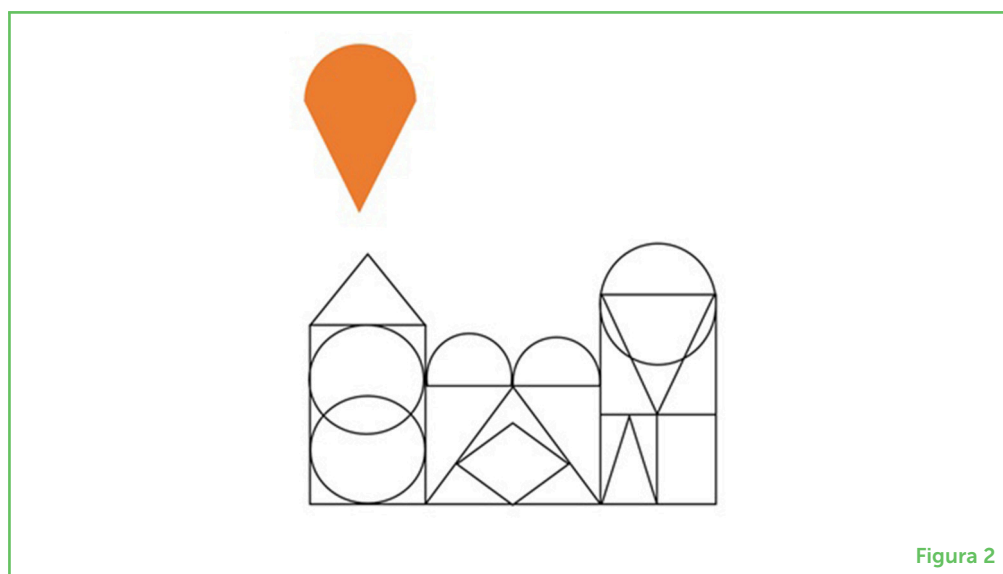
de arriba. No importa las veces que gires la vaca hacia la derecha, siempre estará mirando en la dirección incorrecta. Realizar esta prueba requiere rotación mental. No solo es posible girar objetos en tu cabeza, también puedes imaginar cómo sería un objeto si estuviera roto por la mitad, plegado o doblado.

### Desenmarañado

Las habilidades de desenmarañado son las habilidades espaciales necesarias para separar un objeto o imagen de un fondo más complejo. Ello nos permite comprender que estructuras complicadas se componen de diversas partes. La **Figura 2** lo muestra con un ejemplo muy simple. ¿Puedes encontrar la forma naranja dentro de la imagen compleja?

**Figura 2**

Ejemplo de tarea de desenmarañado.



**Figura 2**

### Escala espacial

La escala espacial es la capacidad de transformar información entre representaciones de distinto tamaño. Por ejemplo, la escala espacial se necesita para comprender que la imagen del parque que ves en el plano del móvil representa el mismo parque en que te encuentras en ese momento. Otro ejemplo es cuando montamos muebles, como un armario, siguiendo las instrucciones de un papel con pequeños diagramas. Para construir el armario, debes ser capaz de comprender que la imagen pequeña de una puerta de armario en el diagrama representa la puerta de tamaño real que has desempaquetado y que necesita ensamblarse. En cada imagen de la **Figura 3**, hay una pelota colocada entre dos árboles. ¿Cuál de las imágenes de abajo es igual a la de arriba? Observarás que los dos cuadros inferiores no son del mismo tamaño que el superior. Esto significa que debes utilizar la escala espacial para compararlos (la respuesta correcta es la izquierda).

**Figura 3**

Ejemplo de tarea de escala espacial.

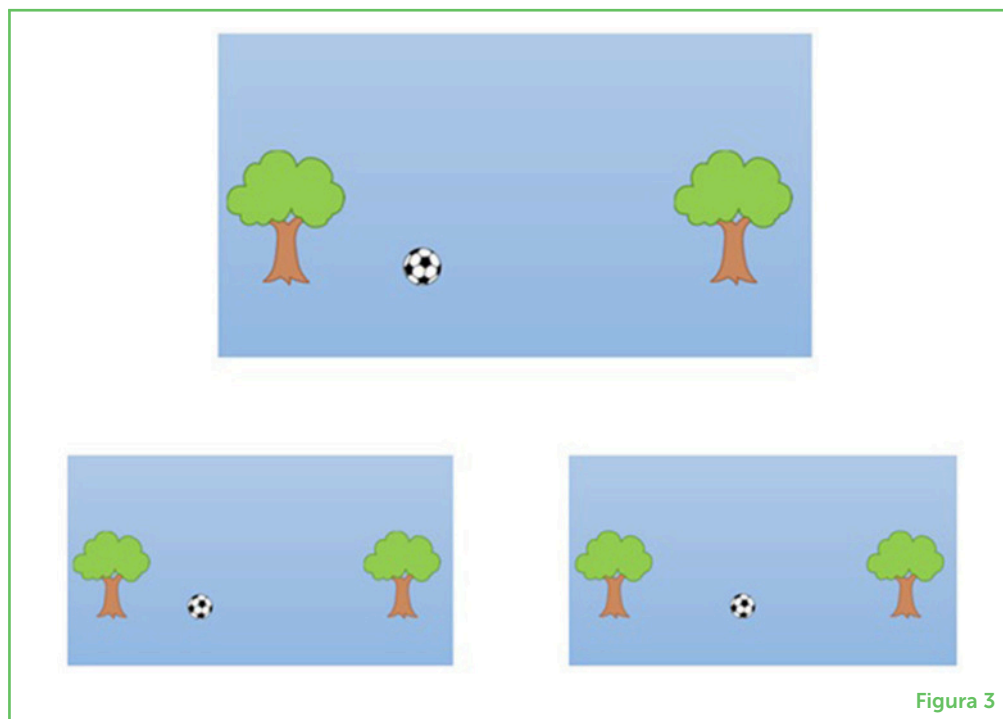


Figura 3

**Navegación**

Las habilidades de navegación son vitales para movernos por nuestro entorno y llevarnos a los lugares a los que debemos llegar. Para navegar correctamente, debes ser capaz de comprender las relaciones entre edificios, utilizar los puntos de referencia, imaginar las calles o los edificios desde diferentes perspectivas, aprender rutas y comprender el diseño del entorno.

**EL PENSAMIENTO ESPACIAL ES IMPORTANTE EN LA ESCUELA Y EN EL TRABAJO**

Más allá de la importancia obvia en la vida cotidiana, resulta que el pensamiento espacial también es relevante para saber cómo te va en la escuela, especialmente en matemáticas. Las personas que son buenas en pensamiento espacial también tienen puntuaciones altas en matemáticas. El vínculo entre un buen pensamiento espacial y un buen desempeño en matemáticas se da en personas de diferentes edades. Por ejemplo, las investigaciones han demostrado que los bebés que son mejores construyendo bloques obtienen mejores resultados en las pruebas de cuentas y números [1]. Para los niños de primaria, muchos investigadores han demostrado que diferentes tipos de pensamiento espacial son importantes para diferentes tareas matemáticas [2]. Los niños que son buenos en la escala espacial también son buenos colocando números en una sucesión numérica, y los niños que son buenos en la rotación mental son mejores haciendo tareas de cálculo cuando faltan números, por ejemplo:  $3 + \square = 5$ . En los adultos, tener buenas habilidades espaciales es

muy importante para ciertos trabajos. Por ejemplo, los ingenieros necesitan habilidades espaciales para visualizar la estructura de un puente o edificio; los geólogos necesitan habilidades espaciales para navegar por los paisajes; los médicos necesitan habilidades espaciales para asegurarse de que administran las inyecciones en la posición correcta o interpretar radiografías correctamente; y los biólogos necesitan habilidades espaciales para comprender cómo se mueven los alimentos por las diferentes partes de nuestro sistema digestivo. Las investigaciones muestran que las personas que tienen buenas habilidades espaciales cuando son adolescentes. Tienen mayores probabilidades de tener trabajos en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas cuando son adultos.

## ¿Y SI NO SOY BUENO EN TAREAS ESPACIALES?

La buena noticia es que, si eres alguien que no es particularmente bueno en actividades espaciales, no tienes que preocuparte. El pensamiento espacial es una habilidad cognitiva que parece responder particularmente bien al entrenamiento. Muchos estudios de investigación han intentado mejorar la capacidad espacial con diferentes tipos de **entrenamiento cognitivo**. Aunque la palabra entrenamiento a menudo se asocia con ejercicio físico, cuando los científicos cognitivos (del cerebro) usan la palabra entrenamiento, generalmente se refieren a práctica. Esto significa que el “entrenamiento espacial” generalmente implica practicar tareas espaciales con papel y lápiz, realizar juegos espaciales en un ordenador o hacer actividades espaciales, como construir estructuras con bloques. Numerosos estudios han demostrado que, si practicas tu pensamiento espacial, este puede mejorar [3].

La noticia aún mejor proviene de una nueva investigación según la cual si mejoras tu pensamiento espacial, también mejoras en las pruebas de matemáticas. Cuando la práctica de una habilidad conduce a mejorar otra, se llama transferencia. Los estudios sobre otros tipos de pensamiento muestran que es muy difícil lograr que el entrenamiento del cerebro se transfiera a habilidades que no han sido entrenadas. Puedes leer sobre otros tipos de entrenamiento cerebral y saber si funcionan [aquí](#) [7]. Por lo tanto, el entrenamiento espacial es bastante particular e importante, ya que hay evidencias de que la práctica del pensamiento espacial se transfiere a otras habilidades como, por ejemplo, las matemáticas.

Según una investigación reciente que he realizado, los niños obtenían puntuaciones más altas en una prueba de matemáticas después de ver un video corto sobre el pensamiento espacial [4]. Otros investigadores también han demostrado que el uso de tángrams, un tipo de rompecabezas, y otros juegos espaciales pueden mejorar las habilidades matemáticas [5]. Desafortunadamente, el pensamiento

### ENTRENAMIENTO COGNITIVO

Practicar o repasar habilidades de pensamiento específicas con la intención de mejorarlas.



espacial no se suele enseñar en el colegio. Sin embargo, hay muchas formas en las que se puede introducir fácilmente en la rutina del hogar y de la escuela. Esto incluye el uso de diagramas y gráficos para ayudarte cuando aprendes nuevos temas en la escuela; de un lenguaje más espacial, incluidas palabras como arriba, encima, alrededor, a través, paralelo, simétrico; de gestos cuando explicas ideas difíciles a tus amigos o hermanos menores; la práctica de construir cosas con bloques, LEGO o rompecabezas; el montaje de muebles o incluso envolver regalos. También es posible que algunos juegos de ordenador como Minecraft (donde los jugadores deben usar bloques 3D para construir estructuras como casas y ciudades) u otros que requieren que los jugadores naveguen por laberintos o espacios desconocidos, ayuden a mejorar el pensamiento espacial.

## **¿POR QUÉ ES IMPORTANTE EL PENSAMIENTO ESPACIAL PARA LAS MATEMÁTICAS?**

Como investigadores, una pregunta que todavía estamos tratando de responder es por qué están vinculadas las habilidades espaciales y las matemáticas. En otras palabras, ¿por qué las personas que son buenas en pensamiento espacial también son buenas en matemáticas?

Una posibilidad es que las partes del cerebro que usamos para las tareas espaciales sean las mismas que empleamos para las matemáticas. Una forma de ver qué partes del cerebro se activan (encienden) cuando realizamos tipos específicos de actividades es con una resonancia magnética funcional (RMf). Esta técnica utiliza un escáner que muestra qué partes del cerebro están activas en diferentes momentos. Por ejemplo, se puede utilizar para saber qué parte del cerebro se activa cuando realizamos una actividad matemática. Las investigaciones muestran que algunas habilidades espaciales y las matemáticas se apoyan en una parte similar del cerebro: el lóbulo parietal [6]. Esto significa que los programas de entrenamiento que nos animan a utilizar el pensamiento espacial podrían fortalecer las conexiones entre las neuronas (células cerebrales) en esta parte del cerebro. Ello sería útil tanto para el pensamiento espacial como para las matemáticas.

## **CONCLUSIÓN**

La próxima vez que intentes meter la mayor cantidad de ropa posible en la maleta, o estés siguiendo cuidadosamente un plano en tu móvil, recuerda lo valiosas que son tus habilidades espaciales. Quizás incluso más que las de lectura o aritmética, las habilidades de pensamiento espacial influyen enormemente en cómo nos movemos y funcionamos en nuestro día a día. Además, como

se describe en este artículo, aprovechar más oportunidades para practicar nuestro pensamiento espacial también podría mejorar nuestras habilidades matemáticas. ¡Hagamos espacio para desarrollar nuestro pensamiento espacial!

## AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer de todo corazón a quienes ayudaron en la traducción de los artículos de esta colección para hacerlos más accesibles a los niños fuera de los países de habla inglesa, y a la Fundación Jacobs por proporcionar los fondos necesarios para traducir los artículos.

## FUENTE ORIGINAL DEL ARTÍCULO

Gilligan, K. A., Hodgkiss, A., Thomas, M. S., and Farran, E. K. 2019. The developmental relations between spatial cognition and mathematics in primary school children. *Dev. Sci.* 22:e12786. doi: 10.1111/desc.12786

## REFERENCIAS

1. Verdine, B. N., Golinkoff, R. M., Hirsh-Pasek, K., Newcombe, N. S., Filipowicz, A. T., and Chang, A. 2014. Deconstructing building blocks: preschoolers' spatial assembly performance relates to early mathematical skills. *Child Dev.* 85:1062–76. doi: 10.1111/cdev.12165
2. Mix, K. S., Levine, S. C., Cheng, Y.-L., Young, C., Hambrick, D. Z., Ping, R., et al. 2016. Separate but correlated: the latent structure of space and mathematics across development. *J. Exp. Psychol. Gen.* 145:1206–27. doi: 10.1037/xge0000182
3. Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., et al. 2013. The malleability of spatial skills: a meta-analysis of training studies. *Psychol. Bull.* 139:352–402. doi: 10.1037/a0028446
4. Gilligan, K. A., Thomas, M. S. C., and Farran, E. K. 2019. First demonstration of effective spatial training for near-transfer to spatial performance and far-transfer to a range of mathematics skills at 8 years. *Dev. Sci.* e12909. doi: 10.1111/desc.12909
5. Cheng, Y. L., and Mix, K. S. 2014. Spatial training improves children's mathematics ability. *J. Cogn. Dev.* 15:2–11. doi: 10.1080/15248372.2012.725186
6. Hawes, Z., Moriah Sokolowski, H., Ononye, C. B., and Ansari, D. 2019. Neural underpinnings of numerical and spatial cognition: An fMRI meta-analysis of brain regions associated with symbolic number, arithmetic, and mental rotation. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 103:316–33. doi: 10.1016/j.neubiorev.2019.05.007
7. Goffin, C., and Ansari, D. 2018. Can brain training train your brain? Using the scientific method to get the answer. *Front. Young Minds* 6:26. doi: 10.3389/frym.2018.00026

**EDITOR:** [Stephan E. Vogel](#)

**MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS:** [Elizabeth Johnson](#)

**CITACIÓN:** Gilligan KA (2023) Haz espacio: La importancia del pensamiento espacial para aprender matemáticas. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00050-es

**TRADUCIDO Y ADAPTADO DE:** Gilligan KA (2020) Make Space: The Importance of Spatial Thinking for Learning Mathematics. *Front. Young Minds* 8:50. doi: 10.3389/frym.2020.00050

**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2023 Gilligan. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

## JOVEN REVISOR

### GONI, EDAD: 11

Me gusta leer, jugar con los videojuegos y hacer deporte. Juego al fútbol y al baloncesto, y me gusta la esgrima y correr campo traviesa. Mi comida favorita es el pho o el sushi. Me gustan la historia, la geografía y el estudio de los animales. Toco el piano, hablo hebreo e inglés y estoy aprendiendo chino. Acabo de regresar a los Estados Unidos después de un año en Israel.

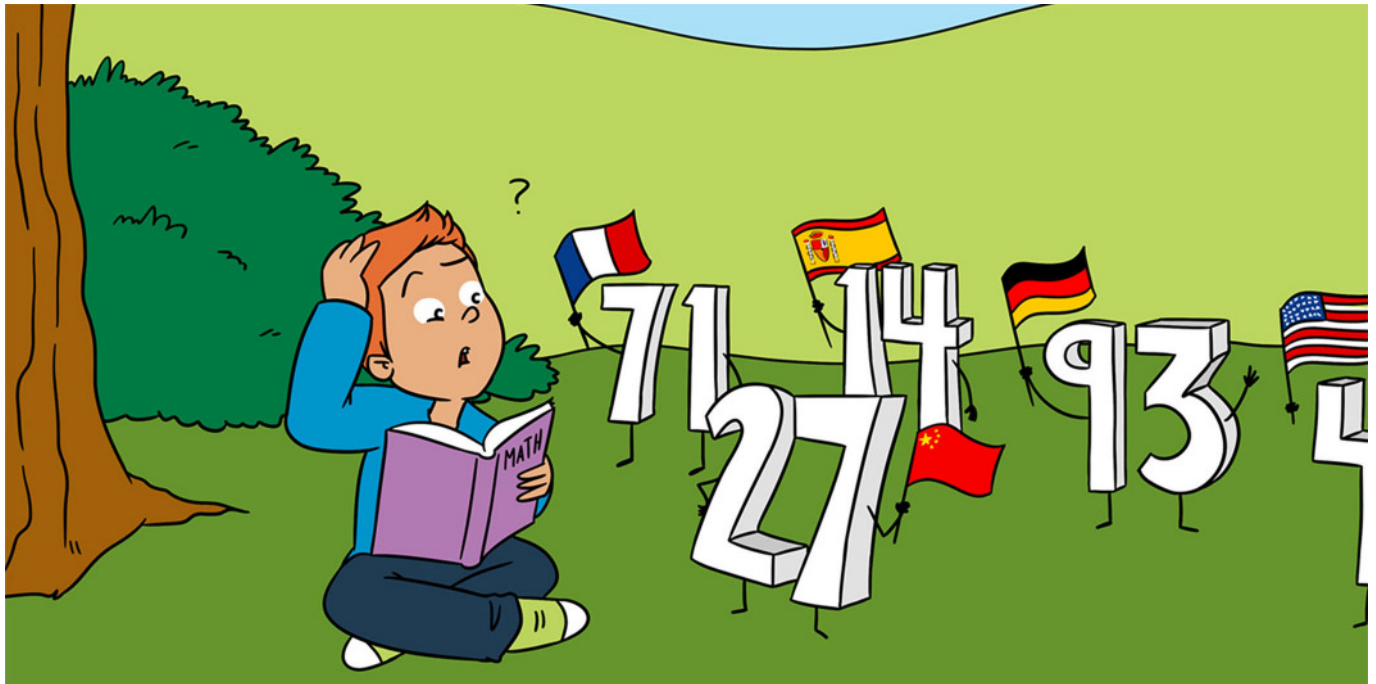
## AUTOR

### KATIE A. GILLIGAN

Mi investigación explora cómo los niños aprenden matemáticas y, en particular, qué papel desempeña el pensamiento espacial en el aprendizaje de las matemáticas. Estoy interesada en desarrollar diferentes tipos de entrenamiento para mejorar las habilidades matemáticas de los niños en el aula, por ejemplo, con juegos de ordenador que usan formas y pensamiento espacial, con videos que enseñan estrategias espaciales o con objetos manipulables como bloques de construcción y LEGO. \*[k.gilligan@surrey.ac.uk](mailto:k.gilligan@surrey.ac.uk)

**Spanish version provided by**  
Versión en español por

 **JACOBS  
FOUNDATION**  
Our Promise to Youth



## CUARENTA Y DOS O DOS Y CUARENTA: APRENDER MATEMÁTICAS EN DIFERENTES IDIOMAS

**Julia Bahnmueller<sup>1,2,3\*</sup>, Hans-Christoph Nuerk<sup>2,4</sup> y Krzysztof Cipora<sup>1,2,4</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Cognición Matemática, Universidad de Loughborough, Loughborough, Reino Unido

<sup>2</sup>LEAD Red de Investigación y Escuela de Graduados, Universidad de Tübinga, Tübinga, Alemania

<sup>3</sup>Laboratorio de Plasticidad Neurocognitiva, Instituto Leibniz de Medios del Conocimiento, Tübinga, Alemania

<sup>4</sup>Departamento de Psicología, Universidad de Tübinga, Tübinga, Alemania

### JÓVENES REVISORES:



THE BOMBAY  
INTER-  
NATIONAL  
SCHOOL

EDADES: 13–14



BRIDGET  
EDAD: 11



SIENA  
EDAD: 10

Estudiar matemáticas básicas parece ser algo bastante frecuente.  $2 + 2$  es igual a 4, tanto en Francia como en China.  $7 \times 8$  es igual a 56, en los Estados Unidos de América y en Alemania. Aunque ambos usamos los mismos símbolos para escribir números (1, 2, 3, 4, ...), usamos palabras muy diferentes para estos números simplemente porque hablamos diferentes idiomas. En este artículo, daremos ejemplos de cómo se ven las palabras numéricas en diferentes idiomas. También mostramos cómo la manera en la que las palabras de números de varios dígitos se construyen puede hacer más fácil o más difícil aprender matemáticas y lidiar con los números grandes.

- <sup>1</sup> En el Reino Unido, le llaman matemáticas. En los Estados Unidos de América, le llaman matemática.
- <sup>2</sup> El "x" en  $7 \times 8$  es un símbolo de multiplicación. Sin embargo, la gente también usa "." ( $7 \cdot 8$ ) o "\*" ( $7 * 8$ ) en su lugar.

### SISTEMA DE NUMERACIÓN INDOARÁBIGO

Conjunto de símbolos que se utiliza para escribir números en la mayoría de los países. El sistema de numeración indoarábigo usa exactamente 10 símbolos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 0. Usamos estos diez símbolos para escribir números de un solo dígito y los combinamos cuando escribimos números de varios dígitos.

### REGLA DEL VALOR POSICIONAL

Una regla que nos permite escribir tantos números como queramos con solo los 10 símbolos que ya conocemos (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 0). La regla del valor posicional significa que el valor de cada dígito queda claro cuando miramos el lugar de este dígito dentro del número de varios dígitos. Por ejemplo, el valor del 9 en 92 es 90 ( $9 \times 10$ ) y el valor del 2 en 92 es 2 ( $2 \times 1$ ). Sin embargo, en 29 es lo contrario, pues el valor del 9 es solo 9 ( $9 \times 1$ ) y el valor del 2 es 20 ( $2 \times 10$ ). Es por ello que 92 es diferente de 29, aunque ambas son combinaciones de los mismos dígitos.

## LOS NÚMEROS Y LAS MATEMÁTICAS SON BASTANTE UNIVERSALES

Estudiar matemáticas básicas<sup>1</sup> parece ser algo bastante común, pues tú lo haces, yo lo hago, incluso los niños muy pequeños lo hacen antes de ir a la escuela, por ejemplo, cuando cuentan canicas. Esto también es cierto para los cálculos:  $2 + 2$  es igual a 4, tanto en Francia como en China.  $7 \times 8$  es igual a 56, tanto en los Estados Unidos de América como en Alemania<sup>2</sup>. La mayoría de los países utilizan el **sistema de numeración indoarábigo** para anotar números. El sistema de numeración indoarábigo usa sólo diez símbolos que probablemente conozcas: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 0. Usamos estos diez símbolos para escribir números de un solo dígito y los combinamos cuando escribimos números de varios dígitos.

Los números de varios dígitos siguen la **regla del valor posicional**, que nos permite escribir tantos números como queramos con solo los diez símbolos que ya conocemos. La regla del valor posicional significa que el valor de cada dígito queda claro cuando miramos el lugar de este dígito dentro del número de varios dígitos. Por ejemplo, el valor del 9 en 92 es 90 ( $9 \times 10$ ) y el valor del 2 en 92 es 2 ( $2 \times 1$ ). Sin embargo, en 29 ocurre lo contrario, pues el valor del 9 es solo 9 ( $9 \times 1$ ) y el valor del 2 es 20 ( $2 \times 10$ ). Es por ello que 92 es diferente de 29, aunque ambos son combinaciones de los mismos dígitos!

Tener las mismas reglas y símbolos es genial, porque hace que sea muy fácil hablar sobre números y cálculos. Casi parece que tenemos un idioma para las matemáticas en todo el mundo y que aprender matemáticas básicas en un país es suficiente, por lo que no es necesario volver a aprenderlas en otro país.  $2 + 2$  sigue siendo 4, sin importar dónde se encuentre.

## LOS IDIOMAS LLAMAN LOS NÚMEROS DE DIFERENTES MANERAS, Y ESTO PUEDE HACER MÁS FÁCIL O DIFÍCIL APRENDER MATEMÁTICAS

Solo hay un pequeño problema. Aunque la mayoría de nosotros usamos los mismos símbolos para escribir números, usamos palabras muy diferentes para estos números. Esto se debe a que hablamos diferentes idiomas. En la **Tabla 1**, puedes encontrar ejemplos de palabras numéricas para los números del 1 al 10 en diferentes idiomas. Como puedes ver, las palabras numéricas difieren mucho entre los idiomas, al igual que la mayoría de las otras palabras también difieren entre los idiomas. Conocer los nombres y el significado de los números del 1 al 10 en su propio idioma es uno de los primeros y más importantes pasos en el aprendizaje de las matemáticas. Sin embargo, aprender diez palabras numéricas es igualmente difícil para los niños que hablan diferentes idiomas. Al final, todos necesitan aprender diez palabras nuevas; once, si incluimos 0 y 10.

**Tabla 1**

Palabras numéricas en diferentes idiomas. No te preocupes, no tienes que mirarlos todos en detalle. Quizás céntrate en los azules. Todas las palabras de números azules tienen algo especial en comparación con las palabras de números en mandarín muy regulares. Debajo de todas las palabras numéricas de dos dígitos, puedes ver cómo estas palabras numéricas probablemente se traducirían al español. La forma en la que se construyen algunas de estas palabras es bastante complicada. Si deseas saber cómo se pronuncian estas palabras numéricas, puede escucharlas en Internet. Para mandarín, francés, alemán e hindi, ve a [bing.com/translator](http://bing.com/translator) e inserta la palabra del número. Para el euskera, echa un vistazo a estos videos de YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=6eb0J4Vg5ys&feature=wPbYCBzsw2A&feature> (números 1 a 19), <https://www.youtube.com/watch?v=wPbYCBzsw2A&feature> (números 20 a 39).

	Mandarín	Inglés	French	German	Euskara	Hindi	
0	Ling	Zero	Zero	Null	zero,	Shuniye	0
1	Yi	One	Un	Eins	hutsa bat	ek	1
2	èr	Two	Deux	Zwei	bi	do	2
3	sān	Three	Trois	Drei	hiru	teen	3
4	sì	Four	Quatre	Vier	lau	chat	4
5	wu?	Five	Cinq	fünf	bost	panch	5
6	liù	Six	Six	sechs	sei	chekh	6
7	qī	Seven	Sept	sieben	zazpi	saat	7
8	bā	Eight	Huit	acht	zortzi	aath	8
9	jiu?	Nine	neuf	neun	bederatzi	nao	9
10	shí	Ten	dix	zehn	hamar	das	10
11	shí yī [diez uno]	Eleven	Onze [unodiez]	Elf [once]	Hamaika [diez uno]	Gyaarah [unodiez]	11
12	shí èr [diez dos]	Twelve	Douze [dosdiez]	Zwölf [doce]	Hamabi [diez dos]	Baarah [dosdiez]	12
13	shí sān [diez tres]	Thirteen	Treize [trece]	Dreizehn [tres diez]	Hamahiru [diez tres]	Tehrah [trece]	13
16	shí liù [diez seis]	Sixteen	Seize [dieciséis]	Sechzehn [seis diez]	Hamasei [diez seis]	Saulah [dieciséis]	16
17	shí qī [diez siete]	Seventeen	dix-sept [diez siete]	Siebzehn [siete diez]	Hamazazpi [diez siete]	Satrah [diecisiete]	17
20	èr shí [dos diez]	Twenty	vingt [veinte]	Zwanzig [veinte]	Hogei [veinte]	Bees [veinte]	20
21	èr shí yī [dos diez uno]	Twenty-one	vingt et un [veinte y uno]	Einundzwanzig [uno y veinte]	hogeita bat [veinte y uno]	Ikis [uno y veinte]	21
29	èr shí jiu? [two ten nine]	Twenty-nine	vingt-neuf [veinte-nueve]	Neunundzwanzig [nueve y veinte]	hogeita bederatzi [veinte y nueve]	Unatis [uno antes de treinta]	29
48	sì shí bā [cuatro diez ocho]	cuarenta-ocho Forty-eight	quarante-huit [cuarenta-ocho]	Achtundvierzig [ocho y cuarenta]	borrogeita zortzi [cuarenta y ocho]	adialis [ocho y cuarenta]	48
75	qī shí wu? [siete diez cinco]	Seventy-eight	soixante-quinze [sesenta-quinze]	Fünfundsiebzig [cinco y setenta]	hirurogeita hamabost [sesenta y diez cinco]	chiyahatar [cinco y setenta]	75
97	jiu? shí qī [nueve diez siete]	Ninety-seven	quatre-vingt-dix-sept [cuatro-veinte-diez-diete]	Siebenundneunzig [siete y noventa]	laurogeita hamazazpi [ochenta y diez siete]	sataanave [siete y noventa]	97
100	yī bǎi [un cien]	one hundred	cent [cien]	(ein)hundred [un(cien)]	ehun [cien]	ek sau [un cien]	100

**Tabla 1**

Aprender palabras numéricas para números mayores que diez difiere mucho más entre los idiomas (intenta el cuestionario de la [Figura 1](#)). En algunos idiomas, la forma en la que las personas nombran números de varios dígitos es muy clara y regular. El mandarín (el idioma más popular en China) es uno de estos idiomas. La palabra en mandarín para 29 significa “dos-diez-nueve” y la palabra numérica para 97 significa “nueve-diez-siete”.

Los científicos llaman **transparentes** a estos lenguajes. Esto significa que, en mandarín, las palabras numéricas se ajustan muy bien a la forma en la que escribimos los dígitos de números de varios dígitos, y las palabras numéricas muestran claramente la regla del valor posicional:  $97 = 9 \times 10 + 7 = \text{“nueve-diez-siete”}$ .



### Figura 1

¿Qué palabra numérica de la izquierda pertenece a qué número indoarábigo de la derecha? Trata de averiguarlo por tu cuenta y luego sigue la línea para verificar si estabas en lo correcto. En el artículo, hay algunos consejos que te ayudarán a averiguarlo. La [Tabla 1](#) también te puede ayudar a entender las palabras numéricas.

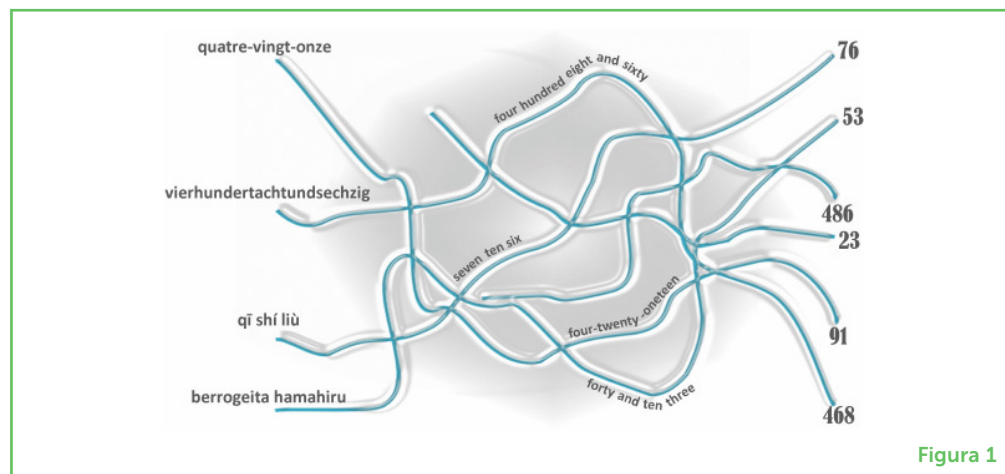


Figura 1

### TRANSPARENTE

Transparente es otra palabra para claro o bien estructurado. En el contexto de las palabras numéricas, la palabra transparente se utiliza para describir los idiomas en los que las palabras numéricas encajan perfectamente con la forma en la que escribimos los dígitos de números de varios dígitos. En idiomas transparentes, las palabras numéricas muestran claramente la regla del valor posicional (p. ej.,  $97 = 9 \times 10 + 7$  = "nueve-diez-siete").

### INVERSIÓN DE PALABRAS NUMÉRICAS

En algunos idiomas, se cambia el orden de los números en palabras numéricas de dos dígitos. Por ejemplo, en lugar de decir cuarenta y dos para el número 42, en algunos idiomas dirían dos y cuarenta. Este cambio se denomina inversión de palabras numéricas.

Los científicos descubrieron que aprender matemáticas y manejar números de varios dígitos es más fácil para los niños que hablan un idioma con palabras numéricas claras. Sin embargo, el problema es que no todos los idiomas tienen palabras numéricas claras. ¿Cómo se ven las palabras numéricas poco claras? Echa un vistazo a algunas de las palabras para 97. En euskera (un idioma que se habla principalmente en una región del norte de España), dicen "laurogeita hamazazpi", que significa "ochenta-diez-siete" ( $80 + 17$ ). En francés, dicen "quatre-vingt-dix-sept", que significa "cuatro-veinte-diez-siete" ( $4 \times 20 + 10 + 7$ ). La forma en la que se construyen estas palabras numéricas es realmente complicada. En hindi (uno de los idiomas más populares en India), hay algunos números para los que la gente usa la resta en lugar de la suma para construir la palabra numérica. Por ejemplo, para el número 29 dicen "unatis", que significa "uno antes de treinta" ( $30 - 1$ ).

En la [Tabla 1](#), puedes ver las palabras de algunos números de varios dígitos en diferentes idiomas. Todas las palabras de números azules son de alguna manera únicas. Los números entre 10 y 20 son especialmente difíciles de aprender en muchos idiomas. ¿No sería más claro decir "uno-diez-dos" que "doce" para 12? Doce es una palabra nueva que debemos aprender, mientras que para "uno-diez-dos" podríamos usar una regla. Decir "catorce" en lugar de "diez cuatro" (o incluso "uno-diez-cuatro", como en mandarín) tampoco es tan útil. ¿Por qué a veces cambiamos el orden de los números y nombramos primero las unidades? Este cambio se denomina **inversión de palabras numéricas**. En inglés, sólo se cambian unos pocos números entre 10 y 20 (del trece al diecinueve). En otros idiomas, como alemán, holandés, árabe o maltés, todos los números de dos dígitos se cambian (97 es "siebenundneunzig" en alemán, que significa "siete y noventa"). ¡Para números más grandes, se vuelve aún más confuso! La palabra numérica alemana para 234 significa "dos-cien-cuatro-y-treinta". Aquí, el dígito de la izquierda se nombra primero, luego el dígito de la derecha y finalmente el del medio. Complicado, ¿no?

No es de sorprenderse que los niños que hablan idiomas con palabras de números intercambiados tengan dificultades para manejar números de varios dígitos. Los niños alemanes (es necesario cambiar de orden) cometen más de 5 veces más errores cuando escriben números que los niños japoneses (no es necesario cambiar de orden) [1]. Aproximadamente, la mitad de los errores cometidos por los niños alemanes implican mezclar el orden [2]. Por ejemplo, cuando escuchan "cinco y cuarenta", a menudo escriben 54 en lugar del número correcto, 45. Entonces, cualquier niño que crezca con un sistema numérico más transparente puede estar contento de que le sea más fácil aprender números.

### **SIN EMBARGO, DESPUÉS DE UN POCO DE PRÁCTICA, LA MAYORÍA DE LAS PERSONAS APRENDEN CÓMO SE HACE**

Ya sabemos que los niños que hablan idiomas con palabras numéricas no transparentes tienen más dificultades con las matemáticas en comparación con los niños que hablan un idioma con palabras numéricas transparentes. Sin embargo, la mayoría de los niños mayores y los adultos por lo general ya no tienen tales problemas. Si aprender palabras numéricas no transparentes es solo una cuestión de tiempo o de práctica adicional, ¿es realmente un problema? Bueno, a pesar de que la mayoría de los niños lo resuelven rápidamente, otros siguen teniendo dificultades. Por ejemplo, un estudio mostró que los niños que tienen dificultades con las palabras numéricas alrededor de los 7 años tienen más probabilidades de tener problemas con las matemáticas 3 años después [3]. Por lo tanto, tener problemas con las palabras numéricas puede mostrarnos cuáles de los niños podrían necesitar ayuda adicional con las matemáticas para no retrasarse. ¡Cuanto antes ayudemos, mejor!

### **... ¡PERO LOS PROBLEMAS EMPIEZAN DE NUEVO CUANDO LA GENTE INTENTA ESTUDIAR MATEMÁTICAS EN OTRO IDIOMA!**

Cada vez más personas viajan e incluso viven en otros países donde necesitan hablar otros idiomas. A veces, el nuevo idioma tiene una forma diferente de decir palabras numéricas de varios dígitos y debemos aprender estas nuevas palabras numéricas de memoria. Esto puede suponer un gran problema, por ejemplo, si vienes de Polonia (no es necesario cambiar de orden) y quieres vivir en Alemania (es necesario cambiar de orden). Krzysztof, uno de los autores de este artículo, es una de estas personas. Cada vez que hace sus compras e intenta pagarlas, se confunde. Cuando la señora de la caja dice "¡Neunundzwanzig euro, bitte!" ["¡Nueve y veinte euros, por favor!"], El primer pensamiento de Krzysztof es "¿Cómo diablos pude gastar

casi cien euros en la comida para los próximos 3 días?” A pesar de saber que debe hacer el cambio y de investigar sobre este mismo tema, generalmente le toma un tiempo calmarse y pagar la cantidad adecuada de dinero.

Aprender palabras numéricas en un nuevo idioma es un buen comienzo, aunque puede ser suficientemente complicado. Sin embargo, incluso si conoces todas las palabras numéricas en un nuevo idioma, no significa que querrás estudiar matemáticas en este nuevo idioma. Por lo general, las personas prefieren estudiar matemáticas en un idioma y, en la mayoría de los casos, no quieren estudiar matemáticas en el idioma que acaban de aprender a hablar. Es más probable que las personas hagan matemáticas en su idioma materno o en el idioma en el que aprendieron a estudiar matemáticas en la escuela.

## CONCLUSIONES

Usamos números y palabras numéricas todos los días, y para la mayoría de nosotros no son realmente especiales, al menos no después de un tiempo y de algo de práctica. Sin embargo, cuando observamos las palabras numéricas más de cerca, es fascinante ver cómo los idiomas difieren al nombrar números de varios dígitos. Aunque las palabras numéricas difieren mucho, en la mayoría de los casos la forma en la que se construyen las palabras numéricas no es aleatoria, sino que sigue reglas específicas. Echa otro vistazo al cuestionario de la [Figura 1](#). Ahora que has aprendido algunas de estas reglas, verifica si puedes decodificar algunos de los números más fácilmente. Explorar los detalles de las palabras numéricas puede ayudarnos a comprender por qué los niños que hablan un idioma pueden tener más dificultades con las matemáticas que los niños que hablan otro idioma. También podríamos identificar a los niños que tienen problemas con las matemáticas desde el principio y descubrir cómo ayudarlos. Por supuesto, las reglas para construir palabras numéricas no son lo único importante al aprender matemáticas, pero sin duda es una pieza del rompecabezas.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Ani, de 11 años, por sus comentarios sobre una versión anterior del manuscrito. Nos gustaría agradecer de todo corazón a quienes ayudaron en la traducción de los artículos de esta colección para hacerlos más accesibles a los niños fuera de los países de habla inglesa, y a la Fundación Jacobs por proporcionar los fondos necesarios para traducir los artículos.

## REFERENCIAS

1. Moeller, K., Zuber, J., Olsen, N., Nuerk, H.-C., and Willmes, K. 2015. Intransparent German number words complicate transcoding—a translingual comparison with Japanese. *Front. Psychol.* 6:740. doi: 10.3389/fpsyg.2015.00740
2. Zuber, J., Pixner, S., Moeller, K., and Nuerk, H.-C. 2009. On the language-specificity of basic number processing: transcoding in a language with inversion and its relation to working memory capacity. *J. Exp. Child Psychol.* 102:60–77. doi: 10.1016/j.jecp.2008.04.003
3. Moeller, K., Pixner, S., Zuber, J., Kaufmann, L., and Nuerk, H.-C. 2011. Early place-value understanding as a precursor for later arithmetic performance—a longitudinal study on numerical development. *Res. Dev. Disabil.* 32:1837–51. doi: 10.1016/j.ridd.2011.03.012

**EDITOR:** [Stephan E. Vogel](#)

**MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS:** [Ariel Starr](#) y [Shubha Tole](#)

**CITACIÓN:** Bahnmueller J, Nuerk H-C y Cipora K (2023) Cuarenta y dos o dos y cuarenta: Aprender matemáticas en diferentes idiomas. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.00084-es

**TRADUCIDO Y ADAPTADO DE:** Bahnmueller J, Nuerk H-C and Cipora K (2020) Forty-Two Or Two-And-Forty: Learning Maths In Different Languages. *Front. Young Minds* 8:84. doi: 10.3389/frym.2020.00084

**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2023 Bahnmueller, Nuerk y Cipora. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

## JÓVENES REVISORES

### THE BOMBAY INTERNATIONAL SCHOOL, EDADES: 13–14

Somos estudiantes de octavo grado en la Bombay International School (dos secciones de 20 estudiantes cada una) y estamos interesados en el concepto de revisar artículos para *Frontiers for Young Minds*. Disfrutamos poniendo a prueba nuestras propias habilidades como escritores cuando ideamos comentarios para un manuscrito. Aprender, explorar y desafiar nuestros límites es divertido. ¡Hay mucho que aprender en *Frontiers for Young Minds*!

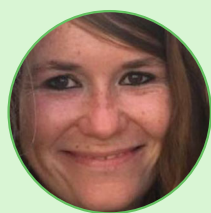


**BRIDGET, EDAD: 11**

Hola, soy Bridget, disfruto exactamente de las mismas cosas que Siena, es decir, ¡aprender es divertido!

**SIENA, EDAD: 10**

Hola, mi nombre es Siena, disfruto de la lectura, la escritura y los gatos, y estoy en quinto grado.

**AUTORES****JULIA BAHNMUELLER**

En mi investigación, me interesa cómo los niños aprenden matemáticas básicas, pero también cómo los adultos lidian con los números. Estoy especialmente interesada en cómo los diferentes idiomas ayudan o, a veces, no ayudan en el aprendizaje de las matemáticas. También creo que es muy importante utilizar lo que aprendo de la investigación para apoyar a los niños que realmente tienen dificultades con las matemáticas, la lectura o la escritura. Mi idioma materno es el alemán, pero también hablo inglés y francés y estoy tratando de aprender a hablar español en este momento. \*[j.bahnmuller@lboro.ac.uk](mailto:j.bahnmuller@lboro.ac.uk)

**HANS-CHRISTOPH NUERK**

Cuando era niño, aprendí bastante tarde a hablar. Comencé a hablar un poco alrededor de los 2 años. Una vez, estando de vacaciones, conocí a una niña de mi edad que ya sabía hablar. Sin embargo, me adelanté en el aprendizaje de números y cálculos. Quizás esta sea una de las razones por las que estoy interesado en cómo el lenguaje influye en el procesamiento numérico y las matemáticas. ¿Es acaso el cálculo más fácil en algunos idiomas que en otros? ¿Necesitamos del lenguaje para trabajar con los números? ¿Es el lenguaje especialmente importante cuando los problemas matemáticos se vuelven más difíciles?

**KRZYSZTOF CIPORA**

Soy un investigador que trabaja en Loughborough, Reino Unido, y soy originario de Polonia. También he vivido en Alemania durante un par de años. El polaco es mi idioma materno, ¡y esta puede ser la razón por la que lucho con los números en alemán! En mi trabajo, estoy investigando cómo la mente trabaja con los números y qué otro tipo de información usa para manejarlos. Aparte de ello, me interesan muchas cosas sobre la ciencia en general. En mi tiempo libre me encanta viajar y hacer senderismo. Mis animales favoritos son los pingüinos, los pandas gigantes, las alpacas y los koalas.

**Spanish version provided by**

Versión en español por





## ¿CÓMO PODEMOS APRENDER VOCABULARIO EN UNA LENGUA EXTRANJERA MÁS FÁCILMENTE?

**Brian Mathias<sup>1,2\*</sup>, Christian Andrä<sup>3,4</sup>, Katja M. Mayer<sup>5</sup>, Leona Sureth<sup>2</sup>, Andrea Klingebiel<sup>2</sup>, Gesa Hartwigsen<sup>6</sup>, Manuela Macedonia<sup>2,7</sup> y Katharina von Kriegstein<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Psicología, Universidad Tecnológica de Dresde, Dresde, Alemania

<sup>2</sup>Grupo de Investigación de los Mecanismos Neurales de la Comunicación Humana, Instituto Max Planck de Ciencias Cognitivas y Neurociencias, Leipzig, Alemania

<sup>3</sup>Departamento de Formación Docente e Investigación Educativa, Universidad de Leipzig, Leipzig, Alemania

<sup>4</sup>Departamento de Deporte Escolar, Facultad de Ciencias del Deporte, Instituto de Psicología del Deporte y Educación Física, Universidad de Leipzig, Leipzig, Alemania

<sup>5</sup>Instituto de Psicología, Universidad de Münster, Münster, Alemania

<sup>6</sup>Grupo de Investigación Lise Meitner sobre la Cognición y la Plasticidad, Instituto Max Planck de Ciencias Cognitivas y Neurociencias, Leipzig, Alemania

<sup>7</sup>Instituto de Ingeniería de la Información, Universidad Johannes Kepler Linz, Linz, Austria

### JÓVENES REVISORES:



**ETHAN**  
EDAD: 10



**JAIDEN**  
EDAD: 13

¿Alguna vez has intentado recordar una palabra en un idioma extranjero? ¿Qué estrategia usaste? En varios estudios, examinamos los efectos beneficiosos de ver imágenes y realizar gestos mientras aprendemos palabras en un idioma extranjero. Tanto las imágenes como los gestos ayudaron a los niños en la escuela primaria y a los adultos a recordar mejor el significado de las palabras de un idioma extranjero en comparación con el aprendizaje sólo escuchando. Para los niños, las imágenes y los gestos fueron igualmente útiles. Para los adultos, los gestos fueron más útiles que las imágenes. Tanto las áreas



visuales como motoras del cerebro ayudaron a aprender las palabras del idioma extranjero. Nuestros estudios sugieren que es útil aprender palabras en idiomas extranjeros mediante imágenes y gestos para los estudiantes, porque las imágenes y los gestos permiten que tanto los niños como los adultos experimenten el significado de las palabras a través de múltiples sentidos.

## ¿CÓMO APRENDEMOS VOCABULARIO EN UNA LENGUA EXTRANJERA?

Los idiomas son importantes porque nos permiten comunicarnos entre nosotros. Las personas que viven en la Tierra hoy hablan más de 6.000 idiomas diferentes [1]. Cada uno de esos idiomas tiene decenas de miles de palabras, o **vocabulario**, que se refieren a objetos del entorno, personas, lugares, sentimientos y pensamientos. Dado que estás leyendo este artículo, que está escrito en español, el español podría ser tu **lengua materna (L1)**, el idioma que comenzaste a aprender al nacer. También es posible que hayas aprendido español en la escuela, de maestros o libros, o al escuchar palabras en español fuera de la escuela. Si este es el caso, probablemente hayas aprendido español como **lengua extranjera (L2)**. Uno de los pasos más importantes para aprender un nuevo idioma es aprender el vocabulario de ese idioma. Esto requiere mucho tiempo y práctica.

Para aprender una palabra L2, debemos escuchar cómo se pronuncia o ver cómo está escrita y aprender el significado de esa palabra. Los niños y los adultos usan muchas estrategias para aprender palabras L2. Podrían, por ejemplo, escuchar grabaciones de audio o estudiar listas de palabras. Investigaciones recientes sugieren que tales técnicas son menos eficaces que las estrategias que utilizan el **enriquecimiento** [2]. El *enriquecimiento* se refiere a la información presentada durante el aprendizaje que nos permite experimentar el significado de una palabra a través de múltiples sentidos [3]. En lugar de aprender una palabra L2 con solo escucharla, por ejemplo, podríamos ver una imagen relacionada mientras la escuchamos. Esto sucede al leer libros ilustrados y al aprender vocabulario con tarjetas ilustradas. Otra estrategia de enriquecimiento podría ser realizar gestos que muestren el significado de una palabra mientras la escuchas. La palabra *avión*, por ejemplo, podría mostrarse moviendo nuestros brazos por el aire como si fueran alas.

Ver imágenes mientras se escuchan palabras L2 es una forma de enriquecimiento multisensorial, porque esta técnica utiliza información proveniente de múltiples sentidos, es decir, ver y escuchar. Realizar gestos mientras se escuchan palabras de L2 es una forma de enriquecimiento sensoriomotor, porque esta técnica no solo utiliza información de los sentidos, sino también

### VOCABULARIO

El conjunto de palabras utilizadas en un idioma.

### LENGUA MATERNA (L1)

Un idioma al que una persona ha estado expuesta y que ha comenzado a aprender desde su nacimiento.

### LENGUA EXTRANJERA (L2)

Un idioma hablado principalmente por personas en otra área del mundo que el hablante.

### ENRIQUECIMIENTO

La presencia de información adicional y complementaria durante el aprendizaje que ayuda a ilustrar el significado de una palabra del idioma extranjero.

## HIPÓTESIS

Supuestos que pueden comprobarse mediante la realización de experimentos científicos.

### Figura 1

Procedimiento de aprendizaje de lengua extranjera. Los adultos y los niños aprendieron palabras en lenguas extranjeras durante 5 días. Aprendieron las palabras de idiomas extranjeros mediante la realización de gestos (enriquecimiento de gestos) (gesture enrichment), al ver imágenes (enriquecimiento de imágenes) (picture enrichment) o simplemente al escuchar (sin enriquecimiento) (no enrichment). Los adultos y los niños completaron pruebas de vocabulario 8 días, 2 meses y 6 meses después del aprendizaje, en las que se les pidió que tradujeran una lista de las palabras de la lengua materna (traducción de la lengua materna) (native language translation) y una lista de las palabras de la lengua extranjera (traducción de la lengua extranjera) (foreign language translation).

movimientos corporales. Probamos qué tipo de enriquecimiento ayudó más al aprendizaje de L2 [3, 4] y cómo el cerebro apoyó el aprendizaje de L2 [3, 5, 6]. Tanto a los adultos como a los niños se les enseñó vocabulario L2 utilizando tres métodos diferentes: escuchar el vocabulario mientras se ven imágenes (enriquecimiento multisensorial), escuchar el vocabulario mientras se realizan gestos (enriquecimiento sensoriomotor) y simplemente escuchar el vocabulario (sin enriquecimiento). Nuestra **hipótesis** era que ver imágenes y realizar gestos durante el aprendizaje ayudaría a los niños y los adultos a aprender mejor que solo escuchando.

## ¿LAS IMÁGENES Y LOS GESTOS AYUDAN A LOS ADULTOS A APRENDER PALABRAS EN IDIOMAS EXTRANJEROS?

Primero se probó la hipótesis en los adultos jóvenes [3]. Veintidós adultos escucharon palabras L2 y sus traducciones L1 durante 5 días de capacitación. A los adultos se les enseñaron palabras que nunca habían escuchado, como *diwume* y *giketa*. Puedes encontrar una lista completa de las palabras que se les enseñó a los adultos aquí. Algunas palabras se emparejaron con imágenes (Figura 1). Por ejemplo, cuando

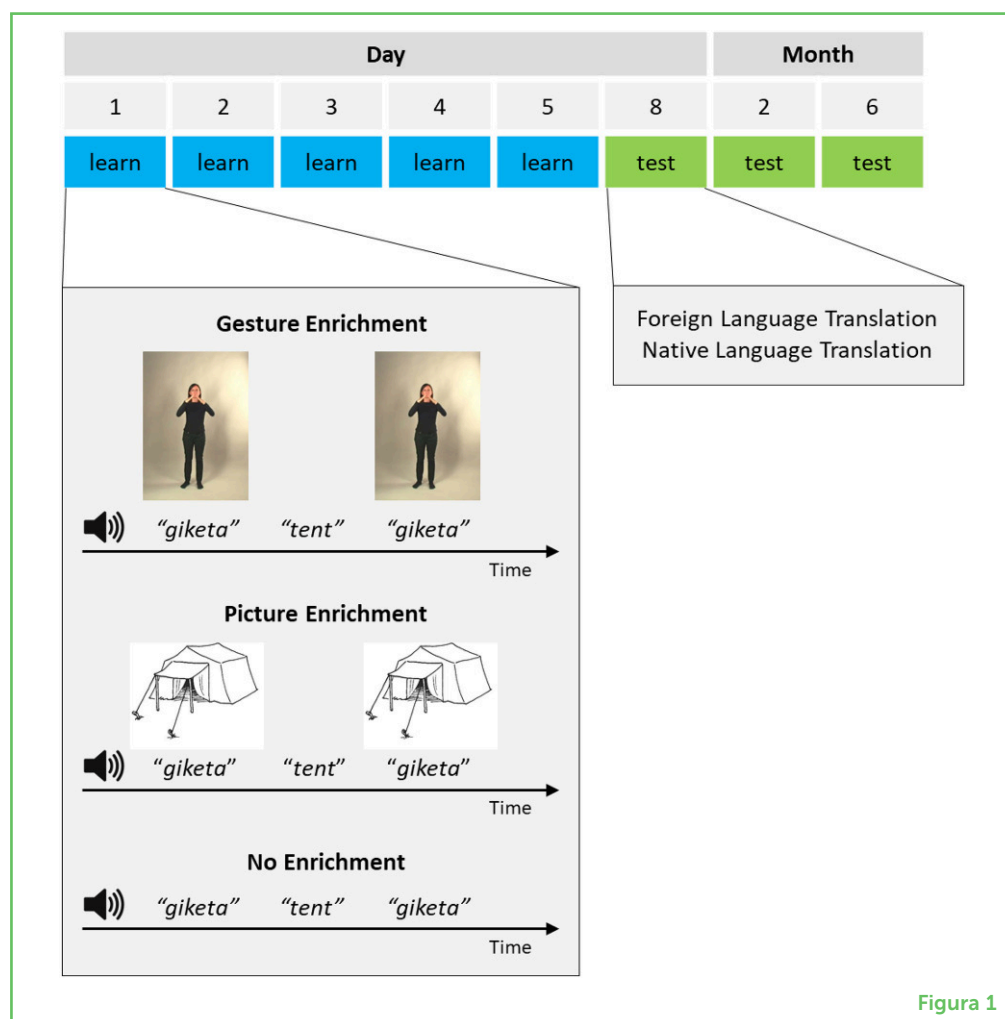


Figura 1

los adultos escucharon la palabra extranjera que significa *tienda*, también vieron un dibujo de una tienda. Otras palabras se combinaron con videos de una actriz realizando gestos. Por ejemplo, un video de una actriz bebiendo de una botella imaginaria se emparejó con la palabra que significaba *botella*. Los adultos realizaron el gesto junto con la actriz. El resto de las palabras se aprendieron solo escuchando cada palabra L2 y su traducción L1.

## Figura 2

Resultados de la prueba de traducción. (Arriba) Puntuaciones para adultos jóvenes (izquierda) y niños (derecha) en las pruebas de traducción completadas 6 meses después del aprendizaje de la lengua extranjera [3, 4]. Los gestos (barras verdes) y las imágenes (barras violetas) ayudaron tanto a los adultos jóvenes como a los niños a aprender las traducciones de las palabras del idioma extranjero más que el aprendizaje no enriquecido (barras negras). Las líneas que salen de cada barra representan estimaciones de cuánta variación hubo en las puntuaciones de las pruebas para todos los adultos jóvenes o niños. (Abajo) Las puntuaciones para el aprendizaje de palabras no enriquecido se restaron de las puntuaciones de las palabras aprendidas con enriquecimiento, para ver el beneficio del enriquecimiento. Para los adultos, el beneficio de enriquecimiento de las palabras aprendidas con gestos fue mayor que el beneficio de enriquecimiento de las palabras aprendidas con imágenes, lo que significa que los gestos fueron incluso más útiles que las imágenes.

Las pruebas de vocabulario se realizaron 8 días, 2 meses y 6 meses después del aprendizaje. En una de las pruebas, los adultos recibieron una lista de todas las palabras L1 y escribieron sus traducciones en L2. En otra prueba, recibieron una lista de todas las palabras L2 y anotaron sus traducciones L1. Sumamos los resultados de las pruebas. Hemos encontrado que los adultos tuvieron mejores resultados de las pruebas para las palabras aprendidas tanto con imágenes como con gestos en comparación con ningún enriquecimiento, y que estos beneficios siguen presentes después de 6 meses [3]. También encontramos que las imágenes y los gestos son igualmente útiles a corto plazo (a los 8 días y 2 meses después del aprendizaje). Sin embargo, a largo plazo (6 meses después del aprendizaje), aprender con gestos fue incluso más útil que aprender con imágenes (Figura 2).

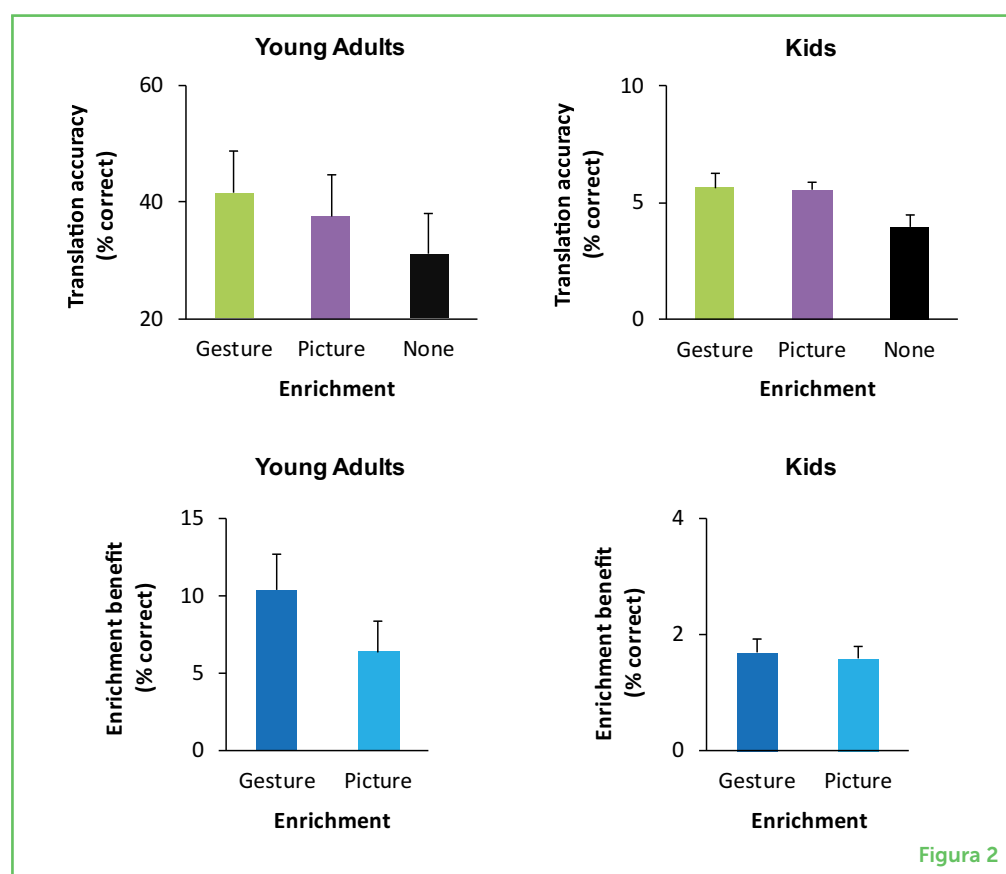


Figura 2

## ¿QUÉ PASA CON LOS NIÑOS?

Después, probamos si el enriquecimiento con gestos también ayudaría a los niños [4]. Noventa y siete niños alemanes en edad escolar de 8 años aprendieron palabras en inglés (L2) durante 5 días. Aprendieron las palabras mediante imágenes, gestos o sin enriquecimiento (Figura 1). A los niños se les enseñaron palabras en inglés que nunca habían visto o escuchado en sus cursos de inglés. Los niños completaron las mismas pruebas de vocabulario que los adultos a los 8 días, 2 meses y 6 meses después de aprender. Los niños dieron sus respuestas verbalmente en lugar de escribirlas.

Descubrimos que los niños obtuvieron puntuaciones más altas en las pruebas de palabras aprendidas tanto con imágenes como con gestos en comparación con ningún enriquecimiento a los 8 días, 2 meses y 6 meses después del aprendizaje. Al igual que los adultos, las imágenes y los gestos fueron igualmente útiles a corto plazo (8 días y 2 meses después del inicio del aprendizaje). Sin embargo, a diferencia de los adultos, las puntuaciones de las pruebas de los niños después del aprendizaje enriquecido con gestos e imágenes fueron equivalentes a los 6 meses después del aprendizaje (Figura 2). Este resultado sugiere que los gestos y las imágenes fueron igualmente útiles para el aprendizaje de la L2 en los niños. Las puntuaciones de los niños fueron más bajas en general. Esto podría deberse a que los niños recibieron menos formación que los adultos.

### SURCO TEMPORAL SUPERIOR DEL MOVIMIENTO BIOLÓGICO (bmSTS)

Área visual del cerebro que responde cuando las personas ven movimientos corporales.

### CORTEZA MOTORA (MOTOR CORTEX)

La parte del cerebro que puede iniciar movimientos controlando los músculos.

### COMPLEJO OCCIPITAL LATERAL (LOC)

Un área visual del cerebro que responde cuando las personas ven objetos.

## ¿QUÉ ÁREAS DEL CEREBRO ESTÁN IMPLICADAS EN EL APRENDIZAJE DE PALABRAS EXTRANJERAS?

Nuestro siguiente paso fue tratar de comprender cómo el enriquecimiento multisensorial y sensoriomotor ayudó al aprendizaje del vocabulario L2. Para ayudar a responder esta pregunta, recurrimos al cerebro. Sabemos que ver a otras personas moverse puede producir respuestas en un área del cerebro llamada **surco temporal superior del movimiento biológico (bmSTS)** [7], y que la realización de movimientos puede producir respuestas en un área del cerebro llamada **corteza motora** [8]. Planteamos la hipótesis de que el bmSTS y la corteza motora responderían más cuando los niños y los adultos escucharan palabras L2 enriquecidas con gestos en comparación con palabras L2 enriquecidas con imágenes. Hicimos una predicción similar para las palabras L2 aprendidas usando imágenes; predijimos que una región visual del cerebro llamada **complejo occipital lateral (LOC)** respondería más cuando los niños y adultos escucharan palabras L2 enriquecidas con imágenes en comparación con palabras L2 no enriquecidas.

Hasta ahora, hemos probado estas hipótesis en adultos [3]. Para ver qué áreas de su cerebro estaban activas, 22 adultos recibieron una exploración cerebral después de 5 días del aprendizaje del

vocabulario L2. Puedes encontrar más información sobre cómo un escáner cerebral mide la actividad cerebral en este artículo de Young Minds [9]. Examinamos las respuestas dentro del bmSTS, la corteza motora y el LOC mientras los adultos escuchaban y traducían las palabras L2 (Figura 3). Encontramos que las respuestas en el LOC nos indicaban si una palabra se aprendió con imágenes, mientras que las respuestas de la bmSTS y la corteza motora nos indicaban si una palabra se aprendió mediante gestos. Estos resultados nos dicen que las respuestas cerebrales específicas están relacionadas con los efectos útiles del enriquecimiento de imágenes y gestos.

### Figura 3

Resultados de imágenes cerebrales. Las dos imágenes de la izquierda muestran la superficie del lado izquierdo del cerebro y las dos imágenes de la derecha muestran dos vistas del interior del cerebro. Las áreas del cerebro que se sabe que procesan la información del movimiento visual (bmSTS), la información motora (la corteza motora) y la información del objeto visual (LOC) se muestran en azul. Las áreas del cerebro que fueron vistas por imágenes cerebrales para participar en la traducción de palabras en lenguas extranjeras después del aprendizaje enriquecido con gestos o imágenes se muestran en verde claro [3].

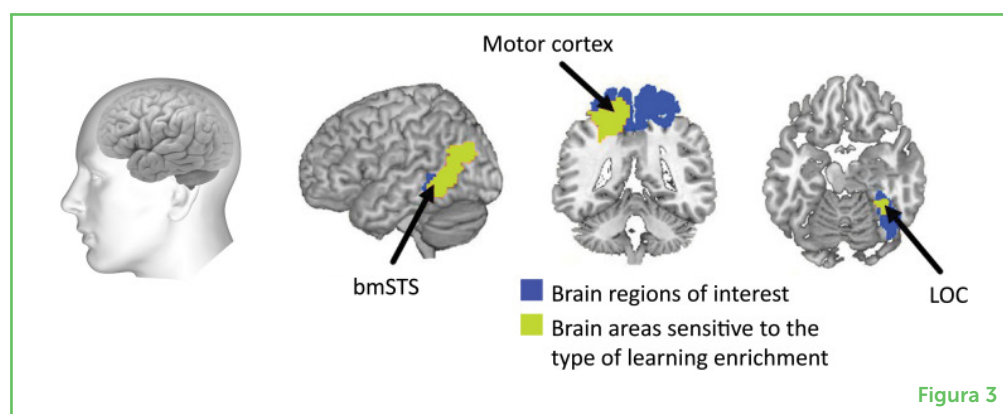


Figura 3

En la investigación científica, un solo método no suele ser suficiente para demostrar que una conclusión es correcta o no. La razón de esto es que todos los métodos tienen fortalezas y debilidades específicas. Por lo tanto, también examinamos si el bmSTS y la corteza motora causaron los beneficios del enriquecimiento de L2 mediante un método llamado **estimulación magnética transcraneal (EMT)** [5, 6]. Durante la EMT, pequeñas señales magnéticas pueden afectar la actividad cerebral y provocar cambios en el comportamiento. Con el uso de la EMT, descubrimos que el bmSTS y la corteza motora ayudaron a los adultos a traducir las palabras aprendidas con gestos.

## ¿QUÉ SIGNIFICAN NUESTROS RESULTADOS?

El enriquecimiento del aprendizaje, tanto con imágenes como con gestos, ayudó a los niños y los adultos a aprender vocabulario de lenguas extranjeras. Sin embargo, los adultos se beneficiaron más del enriquecimiento con gestos, mientras que los niños se beneficiaron igualmente del enriquecimiento con imágenes o con gestos. Esto significa que los tipos de enriquecimiento que funcionan para los adultos pueden no necesariamente funcionar para los niños. En nuestros estudios, los niños y los adultos recibieron diferentes cantidades de entrenamiento; los estudios futuros pueden investigar cómo diferentes cantidades de entrenamiento pueden mejorar los efectos de enriquecimiento. También se encontró que

### ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA TRANSCRANEAL (EMT)

Método de neurociencia en el que el cerebro se ve afectado por pequeñas señales magnéticas.



el cerebro utiliza las áreas visuales y motoras para recordar las traducciones de palabras L2 aprendidas por métodos enriquecidos. Esto significa que las estrategias de enseñanza de enriquecimiento pueden funcionar porque una red de regiones cerebrales visuales y motoras contribuye a mejorar los resultados del aprendizaje. En resumen, el enriquecimiento beneficia el aprendizaje de L2, porque nos permite experimentar el significado de las palabras con nuestros propios sentidos.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

BM escribió un borrador inicial del manuscrito. CA, KM, LS, AK, GH, MM, y KK contribuyeron a la redacción del manuscrito.

## AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer de todo corazón a quienes ayudaron en la traducción de los artículos de esta colección para hacerlos más accesibles a los niños fuera de los países de habla inglesa, y a la Fundación Jacobs por proporcionar los fondos necesarios para traducir los artículos. Este trabajo fue financiado por la subvención de la German Research Foundation KR 3735/3-1, una beca Schulbezogene. Forschung de la Lehrerbildung und Schulforschung (ZLS) y una beca posdoctoral en Auditory Cognitive Saxony Zentrum für an Erasmus Mundus Neuroscience. BM recibe también el apoyo de la subvención consolidadora del European Research Council SENSOCOM 647051 otorgada a KK.

## REFERENCIAS

1. Graddol, D. 2004. The future of language. *Science* 303:1329–31. doi: 10.1126/science.1096546
2. Repetto, C., Pedrolí, E., and Macedonia, M. 2017. Enrichment effects of gestures and pictures on abstract words in a second language. *Front Psychol.* 8:2136. doi: 10.3389/fpsyg.2017.02136
3. Mayer, K. M., Yildiz, I. B., Macedonia, M., and von Kriegstein, K. 2015. Visual and motor cortices differentially support the translation of foreign language words. *Curr. Biol.* 25:530–5. doi: 10.1016/j.cub.2014.11.068
4. Andrä, C., Mathias, B., Schwager, A., Macedonia, M., and von Kriegstein, K. 2020. Learning foreign language vocabulary with gestures and pictures enhances vocabulary memory for several months post-learning in eight-year-old school children. *Educ. Psychol. Rev.* 1–36. doi: 10.1007/s10648-020-09527-z
5. Grossman, E., Donnelly, M., Price, R., Pickens, D., Morgan, V., Neighbor, G., et al. 2000. Brain areas involved in perception of biological motion. *J. Cogn. Neurosci.* 12:711–20. doi: 10.1162/089892900562417
6. Leonardo, M., Fieldman, J., Sadato, N., Campbell, G., Ibañez, V., Cohen, L., et al. 1995. A functional magnetic resonance imaging study of cortical regions



associated with motor task execution and motor ideation in humans. *Hum. Brain Mapp.* 3:83–92. doi: 10.1002/hbm.460030205

7. Mathias, B., Sureth, L., Hartwigsen, G., Macedonia, M., Mayer, K. M., and von Kriegstein, K. 2019. A causal role of sensory cortices in behavioral benefits of “learning by doing”. *arXiv* 1903.04201.
8. Mathias, B., Klingebiel, A., Hartwigsen, G., Sureth, L., Macedonia, M., Mayer, K. M., et al. 2020. Motor cortex causally contributes to auditory word recognition following sensorimotor-enriched vocabulary training. *arXiv* 2005.08956.
9. Hoyos, P., Kim, N., and Kastner, S., 2019. How is magnetic resonance imaging used to learn about the brain? *Front. Young Minds.* 7:86. doi: 10.3389/frym.2019.00086

**EDITOR:** [Stephan E. Vogel](#)

**MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS:** [Christine Kurlawalla-Martinez](#)

**CITACIÓN:** Mathias B, Andrä C, Mayer KM, Sureth L, Klingebiel A, Hartwigsen G, Macedonia M y von Kriegstein K (2023) ¿Cómo podemos aprender vocabulario en una lengua extranjera más fácilmente? *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.00089-es

**TRADUCIDO Y ADAPTADO DE:** Mathias B, Andrä C, Mayer KM, Sureth L, Klingebiel A, Hartwigsen G, Macedonia M and von Kriegstein K (2020) How Can We Learn Foreign Language Vocabulary More Easily? *Front. Young Minds* 8:89. doi: 10.3389/frym.2020.00089

**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2023 Mathias, Andrä, Mayer, Sureth, Klingebiel, Hartwigsen, Macedonia y von Kriegstein. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

## JÓVENES REVISORES

### ETHAN, EDAD: 10

Me fascinan todos los temas de STEM, especialmente la impresión 3D, la robótica y la astronomía. Mis pasatiempos incluyen LEGO, jugar a las cartas, aprender trucos de magia y ver *The Office* en Netflix.





### JAIDEN, EDAD: 13

Me ha interesado la ciencia desde los 7 años. Mi revista favorita es Scientific American. Mis intereses académicos incluyen la química, la economía y el emprendimiento empresarial. Mis pasatiempos incluyen eventos de saltos ecuestres, juegos de mesa y cartas, rompecabezas y acertijos.

## AUTORES

### BRIAN MATHIAS

Brian está interesado en cómo las personas aprenden y recuerdan sonidos complejos, como el habla y la música. Investiga cómo el cerebro apoya las formas de comunicación multisensorial y sensoriomotora. Actualmente Brian es un investigador asociado en la TU de Dresde en Alemania. Estudió psicología y neurociencia en la Universidad McGill en Canadá. \*[brian.mathias@tu-dresden.de](mailto:brian.mathias@tu-dresden.de)

### CHRISTIAN ANDRÄ

Christian Andrä trabaja en la Universidad de Leipzig como profesor e investigador en la formación de profesores. Su investigación se centra en el aprendizaje en movimiento. En varios proyectos desarrolla contenidos didácticos que se pueden presentar mediante el enriquecimiento sensoriomotor. Desde 2008, también es miembro del grupo de investigación "Escuela en movimiento", cuyo objetivo es reducir el tiempo sentado y aprovechar los numerosos beneficios de la actividad física durante la vida escolar diaria.

### KATJA M. MAYER

Katja M. Mayer recibió su diploma en psicología de la Universidad de Tübinga en Alemania y escribió su tesis de diploma en el Instituto Max Planck de Cibernética Biológica. Después, comenzó su doctorado en neurociencia en la Universidad de Newcastle, y más tarde ocupó puestos de posdoctorado en el Instituto Max Planck de Ciencias Cognitivas y Neurociencias y en la Universidad de Münster. Sus intereses de investigación son la percepción y el aprendizaje multisensoriales. Actualmente trabaja como psicoterapeuta.

### LEONA SURETH

Leona Sureth es estudiante de medicina en la Universidad de Leipzig, Alemania. Los misterios del cerebro humano le fascinan, por lo que le interesa cómo funciona el cerebro y cómo se puede utilizar la ciencia para comprenderlo. Además de su interés por la medicina y la neurociencia, le gusta practicar cualquier deporte en el que se utilice una pelota y sabe hacer malabares.

### ANDREA KLINGEBIEL

Andrea Klingebiel es estudiante de medicina en la Universidad de Leipzig. Durante sus estudios le fascinó la neurociencia y siempre sintió curiosidad por experimentar y dedicarse a la investigación. Así que estuvo muy feliz de haber encontrado este maravilloso y apasionante proyecto. Disfrutó de estudiar el cerebro humano y hacer su pequeña contribución para ayudar a comprenderlo mejor.

**GESA HARTWIGSEN**

El grupo de investigación de Gesa en el Instituto Max Planck de Ciencias Cognitivas y Neurociencias está interesado en la cognición y la plasticidad neuronal, especialmente en la red del lenguaje. ¿Cómo se adapta la red del lenguaje a los desafíos neuronales, por ejemplo, inducidos por neuroestimulación, ruido o entrenamiento? ¿Cómo se recupera y repara el cerebro después de una lesión? Estas y otras preguntas impulsan nuestra investigación.

**MANUELA MACEDONIA**

La doctora Manuela Macedonia es científica principal de la Universidad Johannes Kepler en Linz, Austria y científica invitada en el Instituto Max Planck de Ciencias Cognitivas y Neurociencias en Alemania. Los intereses científicos de Manuela residen en la incorporación del lenguaje. En su investigación de base, investiga los efectos de los gestos en la memoria de palabras en lenguas extranjeras a corto y largo plazo. En su investigación aplicada, desarrolla y prueba entornos y profesores virtuales para dispositivos móviles que permiten el aprendizaje incorporado ubicuo de lenguas extranjeras.

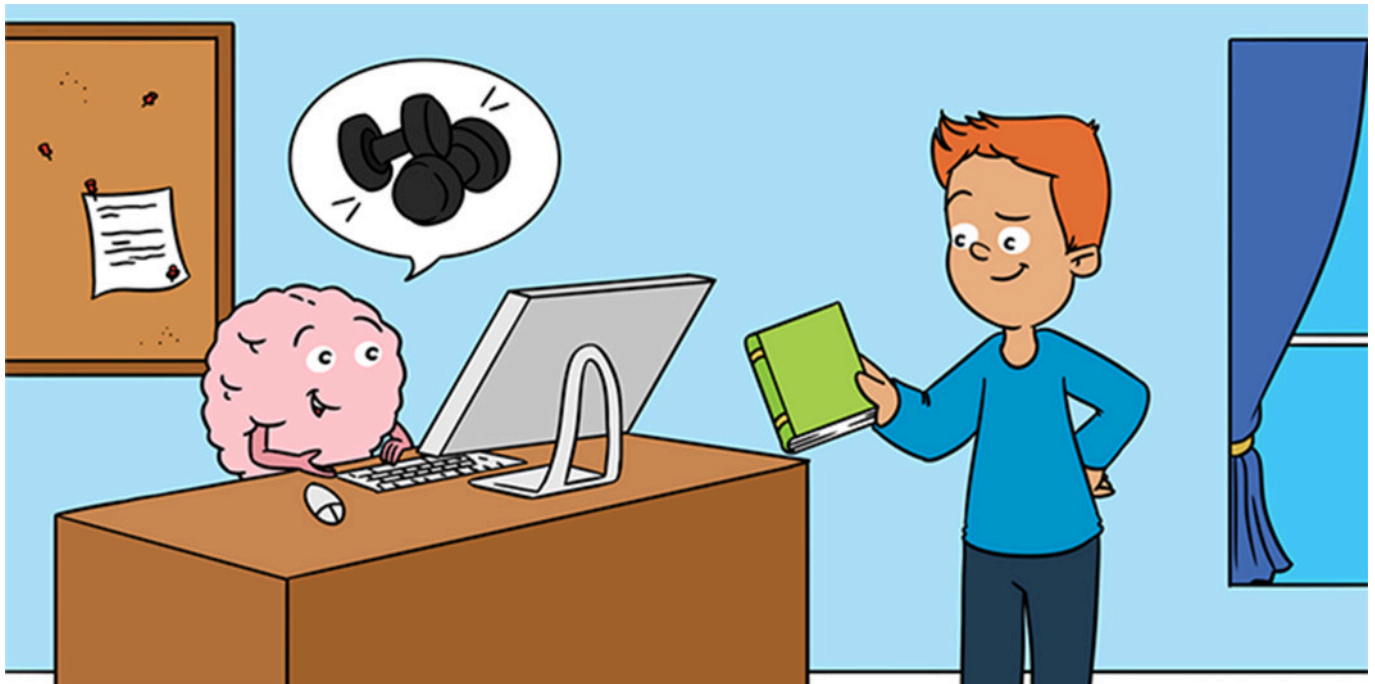
**KATHARINA VON KRIEGSTEIN**

Katharina investiga los cerebros de los participantes humanos para comprender mejor cómo nos comunicamos entre nosotros y qué es diferente en los cerebros de las personas con trastornos de la comunicación. Estudió medicina y filosofía y actualmente es profesora de neurociencia cognitiva y clínica en la Facultad de Psicología de la UT de Dresde en Alemania.

**Spanish version provided by**

Versión en español por





## ¿QUIERES ENTRENAR TU CEREBRO? ¡LEE ESTE ARTÍCULO!

**Dietsje Jolles<sup>1,2\*</sup> y Linda Van Leijenhorst<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Educación y Estudios sobre la Infancia, Universidad de Leiden, Leiden, Países Bajos

<sup>2</sup>Instituto Leiden para el Cerebro y la Cognición, Universidad de Leiden, Leiden, Países Bajos

### JOVEN REVISOR:



VELIANA

EDAD: 11

Imagina que pudieras volverte más inteligente simplemente jugando. ¿No sería maravilloso? Solo pasando unas pocas horas en el ordenador cada semana, ya serías capaz de concentrarte mejor, aprender más rápido y recordar más cosas. Tus notas subirían, terminarías la escuela sin ningún problema y la vida sería perfecta. ¿Verdad que sí? Si buscas en Internet, no es difícil encontrar juegos y aplicaciones que aseguren que mejorarán tu cerebro al permitirte utilizar todo su potencial. En este artículo, analizaremos la ciencia detrás de estos llamados juegos de entrenamiento cerebral. Creemos que, en teoría, debería ser posible hacerse más inteligente con estos juegos. Sin embargo, las pruebas de que el entrenamiento cerebral te ayudará a lograrlo son, en el mejor de los casos, no del todo contundentes. Vamos a especular acerca de los programas de entrenamiento cerebral de próxima generación y comentar las alternativas para mejorar tus habilidades de pensamiento. ¿Por qué no simplemente leer un libro?

Muchos niños sueñan con ser más inteligentes o creativos. Si buscas en Internet, encontrarás juegos y aplicaciones que afirman que pueden ayudarte a aumentar tu capacidad intelectual. Pero ¿es realmente posible hacer que tu cerebro funcione mejor? ¿Acaso estos juegos de entrenamiento cerebral merecen tu valioso tiempo? Después de leer este artículo, ¡podrás decidir por ti mismo!

## TU CEREBRO ES FLEXIBLE

¿Alguna vez has pensado por qué algunos niños destacan en los deportes, mientras que otros son mejores tocando la guitarra o realizando cálculos matemáticos? ¿Puedes culpar a tus genes por no poder concentrarte o deberías esforzarte más? Durante muchos años, los científicos han tratado de averiguar qué partes de nuestros talentos y habilidades están determinadas por nuestros genes y qué partes están influidas por el medio ambiente. Resulta que no hay una respuesta sencilla a esta pregunta, porque los genes y el medio ambiente siempre trabajan juntos [1]. Aunque tus genes pueden influir en los límites superiores de tu desempeño y capacidad de aprender, el entorno determina cómo se desarrollan realmente tus habilidades. Por lo tanto, existe cierta flexibilidad inherente a la forma en que se desarrolla el cerebro y esto te ayuda a adaptarte al entorno en el que creces. Para explicar esta idea, nos gustaría presentarte a John y Ron (ficticios) (Figura 1). John y Ron son gemelos idénticos, lo que significa que comparten el 100% de sus genes. Imaginemos que, por alguna razón, John y Ron son separados inmediatamente después de nacer y criados en familias diferentes. John crece en una familia muy atlética, mientras que Ron crece en una familia aficionada a la lectura y la escritura. Resulta que, aunque John y Ron tienen los mismos genes de "corredor" y "escritor", sus diferentes entornos familiares influyen en la

### Figura 1

El desarrollo está influido por los genes y el entorno. **(A)** Imagina dos niños, John y Ron. Son gemelos idénticos, lo que significa que tienen exactamente los mismos genes. Por alguna razón, John y Ron crecen en familias diferentes. Todos los miembros de la familia de John son apasionados jugadores de fútbol y les gusta salir a correr los fines de semana. A los miembros de la familia de Ron les encanta quedarse adentro para leer y escribir historias. Cuando John y Ron tienen doce años, se conocen. **(B, C)** Aunque están sorprendidos por algunas de sus similitudes, también notan que tienen algunas diferencias significativas. John es un entusiasta de los deportes, juega al fútbol y es el mejor corredor de su clase. A Ron le encanta leer y escribir y se enorgullece de sacar buenas notas en la escuela. Entonces, aunque John y Ron tienen los mismos genes, sus entornos determinaron hasta qué punto se expresaban sus talentos.

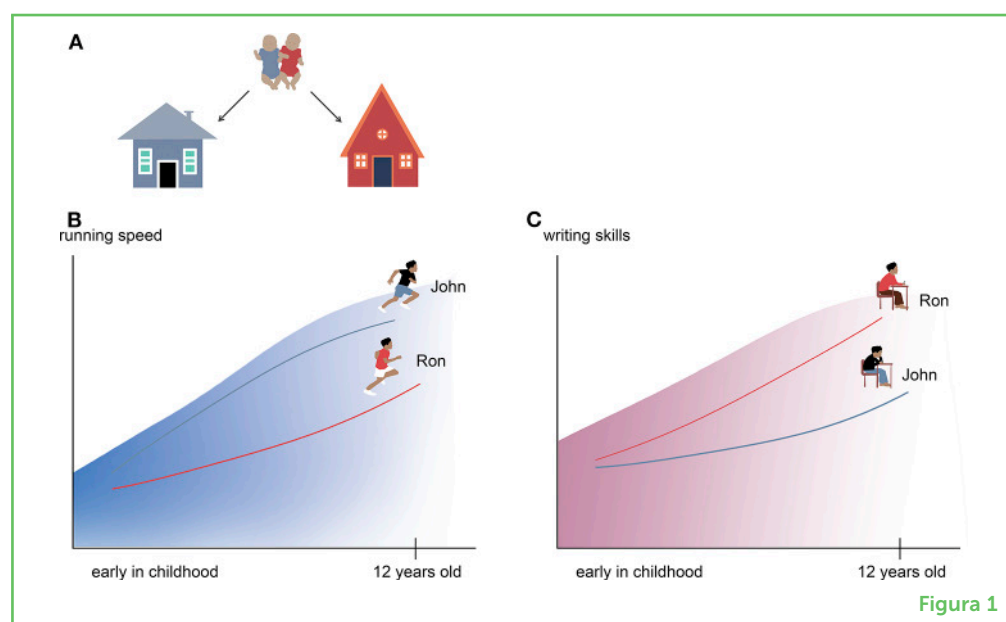


Figura 1



## FUNCIONES EJECUTIVAS

Son habilidades cerebrales que te ayudan a controlar tus pensamientos y comportamientos. Las funciones ejecutivas también se denominan *control cognitivo* por algunos investigadores.

## MEMORIA DE TRABAJO

Es la capacidad de mantener la información en la mente durante un breve período para que puedas trabajar con ella.

## INHIBICIÓN

Es la capacidad de resistir las distracciones y tentaciones.

## FLEXIBILIDAD COGNITIVA

Es la capacidad de alternar entre diferentes tareas.

forma en que se desarrollan sus habilidades. Mientras que John crece y se convierte en un gran corredor, Ron se convierte en escritor.

Pero, ¿qué hay de ser inteligente o talentoso en la escuela? La investigación ha demostrado que sobresalir en la escuela tiene mucho que ver con lo que se llaman **funciones ejecutivas** [2]. Las funciones ejecutivas son un conjunto de habilidades que te ayudan a realizar tareas complejas, como planificar tu trabajo escolar, completar tareas o tener control sobre tus emociones y frustraciones. Una de las funciones ejecutivas más importantes se llama **memoria de trabajo**. La memoria de trabajo te permite retener información en la mente y realizar operaciones mentales, como sumar cifras grandes mentalmente (Figura 2A). Otra función ejecutiva importante es la **inhibición**, que te ayuda a resistir distracciones y tentaciones, como la tentación de comerte todo el tarro de galletas (Figura 2B). Una tercera función ejecutiva es la **flexibilidad cognitiva**, que te ayuda a alternar rápidamente tu atención entre diferentes tareas, como cuando alternas tu atención entre tus deberes y tu muro de YouTube (Figura 2C). Para medir las funciones ejecutivas, los investigadores han diseñado una serie de juegos de ordenador (Figura 2D-F) y encontraron que a los niños que les va mejor en estos juegos también les va mejor en la escuela. Además, la deficiencia en las funciones ejecutivas se ha asociado con situaciones indeseables, como problemas de salud mental, obesidad y problemas sociales [2]. Se podría pensar que las funciones ejecutivas vienen determinadas en el cerebro, pero eso no es del todo cierto. Al igual que cualquier otra habilidad, las funciones ejecutivas están influidas por los genes y el entorno. Esta es una buena noticia, ya que significa que tienes al menos cierto control sobre el desarrollo de estas funciones. Es más, la niñez incluso podría ser el mejor momento para aumentar tu capacidad intelectual. De la misma manera que es más fácil dar forma a un árbol en desarrollo en comparación con un árbol adulto (Figura 3), podría ser más fácil entrenar a un cerebro en desarrollo que a un cerebro adulto [1, 3]. Por último, es importante señalar que, aunque los cerebros de los niños son más maleables que los cerebros maduros, es posible que los niños no sean tan eficaces y estratégicos al procesar nueva información, dificultando así los efectos del entrenamiento.

## ENTRENAR TU CEREBRO

Internet está lleno de consejos y trucos para optimizar la función cerebral, y se han escrito numerosos libros de autoayuda sobre este tema. Los consejos incluyen dormir suficiente, comer alimentos saludables y hacer ejercicio. No obstante, también hay algo llamado *entrenamiento cerebral*. Según las empresas que ofrecen este tipo de entrenamiento, puedes “entrenar tu cerebro en minutos al día”, y los usuarios informan de cambios impresionantes, que van desde mejor concentración hasta mejorar en los bolos [4]. El entrenamiento



## Figura 2

Funciones ejecutivas y juegos de entrenamiento cerebral asociados. (A–C)

Actividades cotidianas que requieren funciones ejecutivas: memoria de trabajo, cuando estás sumando grandes números en la mente; inhibición, cuando intentas no comer demasiadas galletas; y flexibilidad cognitiva, cuando cambias tu atención entre los deberes y el muro de YouTube. Los juegos se utilizan a menudo para probar y entrenar estas funciones ejecutivas.

(D) En este juego de memoria funcional, debes tener en cuenta varias letras y ponerlas en orden alfabético. (E) En este juego de inhibición, debes indicar la dirección en la que nada el pez del medio e ignorar al pez nadando en la dirección opuesta. (F) En este juego de flexibilidad cognitiva, alternas entre una tarea en la que tienes que indicar la forma de la figura grande (rectángulo) y otra tarea en la que tienes que indicar la forma de las figuras pequeñas (cuadrados).

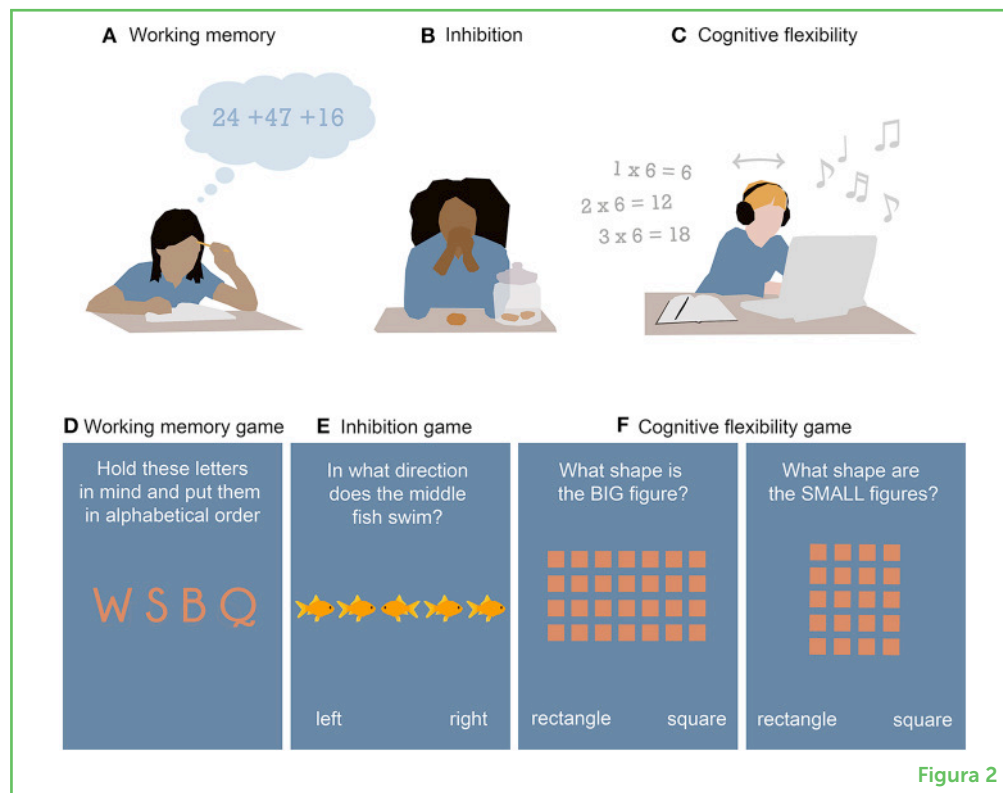


Figura 2

cerebral generalmente se refiere a la práctica de las funciones ejecutivas del cerebro. Al realizar tareas mentales complejas, el cerebro trabaja muy duro, de ahí el nombre de entrenamiento cerebral. Además, la investigación ha demostrado que el cerebro cambia con el entrenamiento [3]. Sin embargo, ello es menos impresionante de lo que parece. Todo lo que haces produce pequeños cambios en el cerebro, ya sea pasear a tu perro, reunirte con amigos o leer este artículo. Por lo tanto, el entrenamiento cerebral es un nombre poco apropiado. Un nombre más exacto sería *entrenamiento de funciones ejecutivas*.

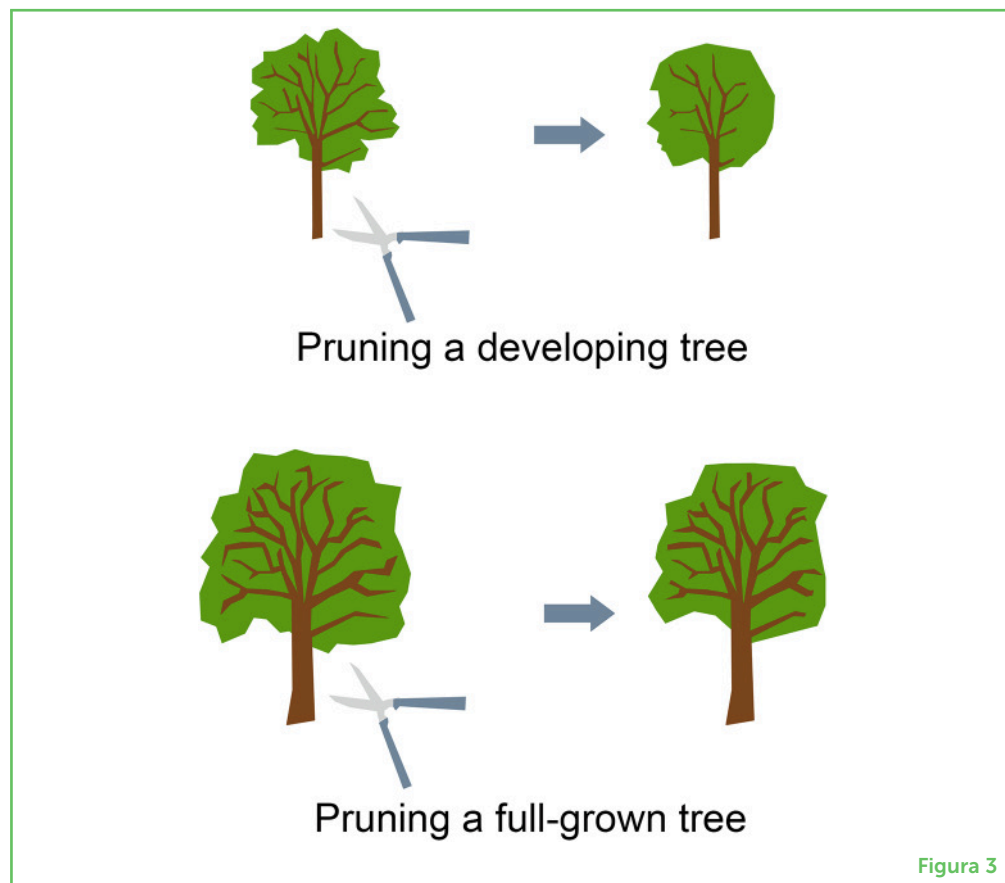
Pero, ¿acaso funciona el entrenamiento cerebral? Debido a que las funciones ejecutivas están estrechamente relacionadas con la inteligencia, el rendimiento escolar y todo tipo de otros resultados de la vida real, los investigadores han sugerido que los juegos que entrenan las funciones ejecutivas del cerebro también podrían conducir a mejoras en todos estos dominios. En otras palabras, debido a que las actividades cotidianas que se muestran en las Figuras 2A–C requieren las mismas habilidades cerebrales que los juegos representados en las Figuras 2D–F, es posible que mejores en las actividades diarias después de entrenar con los juegos. Ello es lo que los investigadores llaman **transferencia**. Durante los últimos veintitantos años se han realizado numerosos estudios científicos para probar si la transferencia realmente ocurre [4]. Los resultados indican que los programas de entrenamiento cerebral a menudo mejoran el desempeño en las tareas que se están entrenando. En

## TRANSFERENCIA

Usar las habilidades que aprendiste en una situación para mejorar tu desempeño en una situación diferente.

### Figura 3

Podar un árbol en desarrollo es más fácil que podar un árbol adulto. Los investigadores han argumentado que los niños tienen una mayor capacidad para aprender y adaptarse a las circunstancias ambientales en comparación con los adultos, pues el cerebro de los niños todavía está en desarrollo. En otras palabras, de la misma forma que es más fácil podar un árbol en desarrollo que un árbol maduro, podría ser más fácil entrenar un cerebro en desarrollo que un cerebro adulto.



otras palabras, los participantes que practican el reordenamiento de letras en la memoria de trabajo mejoran en el reordenamiento de letras en la memoria de trabajo. También hay pruebas de que los participantes mejoran en tareas estrechamente relacionadas, por ejemplo, reordenar dígitos en la memoria de trabajo. Sin embargo, con base en la evidencia actual, todavía no podemos concluir que el entrenamiento cerebral mejore tareas más diversas, como el rendimiento en matemáticas o lectura [4]. Así, aunque podrías mejorar enormemente en los juegos que estás usando para entrenar, ello no significa necesariamente que notarás alguna mejora en la vida diaria. A menudo ocurre que las habilidades que has aprendido se aplican solo a los juegos específicos que estabas jugando. Para tener efectos de mayor alcance, la próxima generación de programas de entrenamiento cerebral podría incluir una mayor variedad de actividades que estén integradas en situaciones de la vida real. Por ejemplo, las actividades para entrenar tus funciones ejecutivas podrían incorporarse en videojuegos complejos o en los temas escolares.

## TU CEREBRO Y LOS LIBROS

Sabemos que las cosas que haces todos los días ayudan a dar forma a tu cerebro, y también sabemos que debería ser posible entrenarlo. Sin embargo, los investigadores todavía están tratando de encontrar

las mejores formas de entrenar el cerebro. ¿Estarías dispuesto a dedicar tu valioso tiempo a un programa de entrenamiento mental que podría no tener efectos sustanciales? ¿O preferirías pasar tu tiempo haciendo algo divertido, como practicar deportes o leer libros? Curiosamente, la investigación ha demostrado que la actividad física no solo es buena para el cuerpo, sino también para el cerebro. Los efectos de la práctica regular de la actividad física podrían ser incluso más importantes para el rendimiento escolar que los efectos de un programa de entrenamiento cerebral. De la misma manera, la lectura de libros parece tener efectos más generales sobre las habilidades del pensamiento. Las investigaciones sugieren que la lectura regular te ayuda a ser más inteligente al desarrollar tu vocabulario y aumentar tu conocimiento previo [5]. Lo bueno es que, con cada nuevo recuerdo que creas, se construyen nuevas conexiones en el cerebro y se fortalecen las conexiones existentes. ¡Cuanto más conocimiento tengas, más fácil será aprender todavía más [5]!

Además, leer libros puede incluso entrenar tus habilidades de pensamiento. ¿Alguna vez has notado cómo el resto del mundo parece desaparecer cuando estás perdido en una historia? Ello es posible ya que el cerebro está trabajando duro. Cuando lees un libro, debes realizar un seguimiento de los diferentes personajes, sus antecedentes, objetivos y detalles sobre sus personalidades y comportamiento. Además, con frecuencia es necesario leer entre líneas para comprender de qué trata un libro. Para hacer estas cosas, utilizas tanto el conocimiento previo como las funciones ejecutivas. Sin conocimientos previos, no entenderías las palabras que se utilizan, y sin tus funciones ejecutivas nunca podrías crear una historia completa en tu mente. Las investigaciones han demostrado que los niños mejoran en estas habilidades cuanto más leen. Por último, además de aumentar tu memoria y capacidad de comprensión, la lectura puede ayudarte a tomar la perspectiva y simpatizar con diferentes personajes, lo que también es una habilidad importante para la vida real [6].

## CONCLUSIÓN

Aunque el cerebro en desarrollo es súper flexible y debería ser posible volverse más inteligente, las pruebas de que el entrenamiento cerebral te ayudará a lograrlo son, en el mejor de los casos, no del todo contundentes. Los futuros programas de entrenamiento cerebral probablemente incluirán múltiples actividades que se integrarán en situaciones de la vida real. ¡Pero no esperes hasta tener nuevos programas! Si deseas hacer algo hoy para optimizar tus funciones cerebrales, mantente activo, come alimentos saludables, duerme lo suficiente y continúa aprendiendo cosas nuevas leyendo mucho. ¡Enhorabuena, lo estás haciendo ahora mismo!

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue apoyado por la Fundación Jacobs (DJ). Nos gustaría agradecer de todo corazón a quienes ayudaron en la traducción de los artículos de esta colección para hacerlos más accesibles a los niños fuera de los países de habla inglesa, y a la Fundación Jacobs por proporcionar los fondos necesarios para traducir los artículos.

## REFERENCIAS

1. Stiles, J. 2008. *The Fundamentals of Brain Development: Integrating Nature and Nurture*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
2. Diamond, A. 2013. Executive functions. *Annu. Rev. Psychol.* 64:135–68. doi: 10.1146/annurev-psych-113011-143750
3. Jolles, D., and Crone, E. A. 2012. Training the developing brain: a neurocognitive perspective. *Front. Hum. Neurosci.* (2012) 6:76. doi: 10.3389/fnhum.2012.00076
4. Simons, D. J., Boot, W. R., Charness, N., Gathercole, S. E., Chabris, C. F., Hambrick, D. Z., et al. 2016. Do “brain-training” programs work? *Psychol. Sci. Public Interest* 17:103–86. doi: 10.1177/1529100616661983
5. Cain, K., and Oakhill, J. 2011. Matthew effects in young readers: reading comprehension and reading experience aid vocabulary development. *J. Learn. Disabil.* 44:431–43. doi: 10.1177/0022219411410042
6. Kidd, D. C., and Castano, E. 2013. Reading literacy fiction improves theory of mind. *Science* 342:377–80. doi: 10.1126/science.1239918

**EDITOR:** Jessica Massonnie

**MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS:** Yana Fandakova

**CITACIÓN:** Jolles D y Van Leijenhorst L (2023) ¿Quieres entrenar tu cerebro? ¡Lee este artículo! *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00071-es

**TRADUCIDO Y ADAPTADO DE:** Jolles D and Van Leijenhorst L (2020) Want To Train Your Brain? Read This Article! *Front. Young Minds* 8:71. doi: 10.3389/frym.2020.00071

**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2023 Jolles y Van Leijenhorst. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

## JOVEN REVISOR



### VELIANA, EDAD: 11

Soy Veliana y tengo 11 años. Me encanta ir a la escuela. Mis asignaturas favoritas son matemáticas, inglés y deportes. En mi tiempo libre me gusta practicar deportes, pintar y leer.

## AUTORES



### DIETSJE JOLLES

Durante mis primeros años escolares siempre quise ser detective. En cambio, me convertí en científica. Sin embargo, ser científica es un poco como ser detective. Mi tema principal es el funcionamiento milagroso del cerebro en desarrollo. Estoy particularmente interesada en la forma en que aprenden los niños, los adolescentes y los adultos, y cómo su aprendizaje es influido por el desarrollo de su cerebro. Espero que mi investigación contribuya a una mejor comprensión del cerebro y su desarrollo y que proporcione nuevos conocimientos que puedan ayudar a mejorar la educación. \*[ddjolles@fsw.leidenuniv.nl](mailto:ddjolles@fsw.leidenuniv.nl)

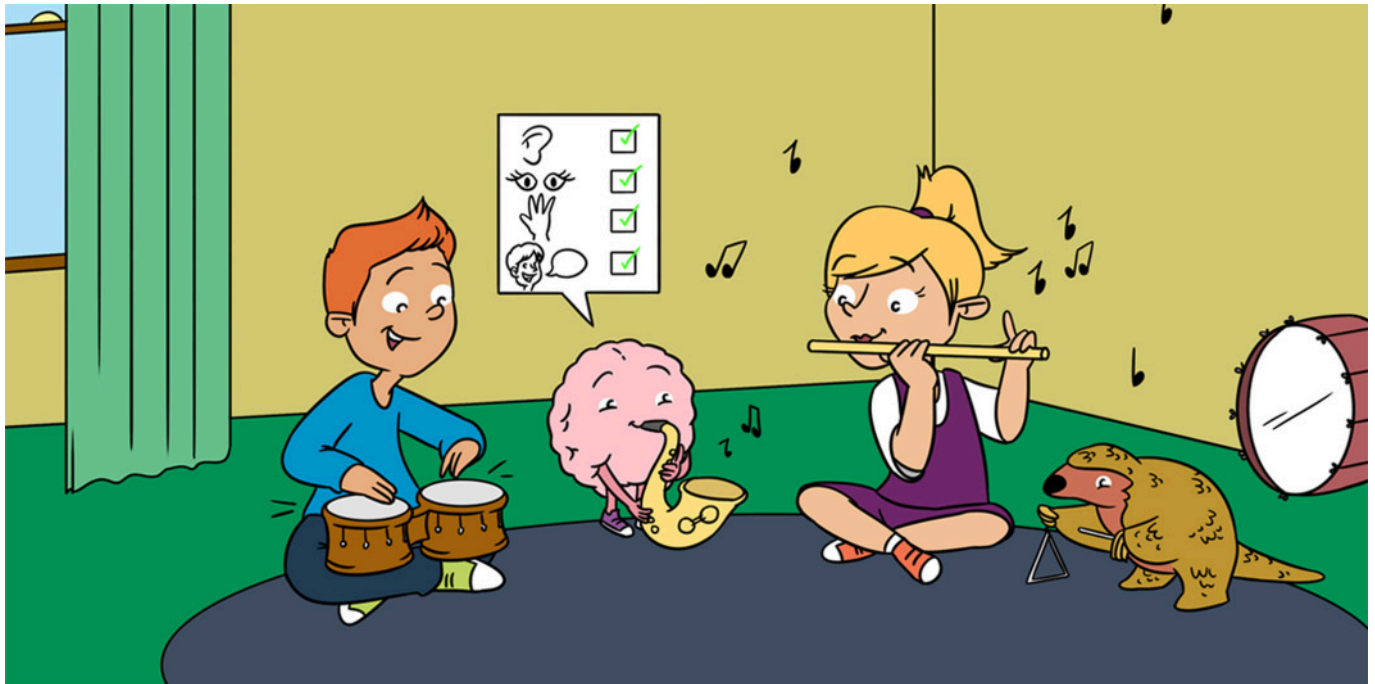


### LINDA VAN LEIJENHORST

Soy profesor ayudante y estudio la neurociencia cognitiva del desarrollo en la Universidad de Leiden, Países Bajos. Estoy fascinada por los cambios que atraviesa nuestro cerebro a medida que pasamos de niños a adolescentes y a adultos. Espero algún día comprender cómo estos cambios influyen en la forma en la que le damos sentido al mundo que nos rodea. ¿No es sorprendente que nuestro cerebro nos permita experimentar el mundo, soñar e imaginar cosas? Para aprender más sobre ello, estudio cómo los niños y los adolescentes toman decisiones y cómo entienden las historias que leen.

### Spanish version provided by

Versión en español por



## MÚSICA Y APRENDIZAJE: ¿TE HACE LA MÚSICA MÁS INTELIGENTE?

**Gabriella Musacchia<sup>1\*</sup> y Alexander Khalil<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Audiología, Universidad del Pacífico, San Francisco, CA, Estados Unidos

<sup>2</sup>Escuela de Cine, Música y Teatro, Universidad Colegio Cork, Cork, Irlanda

### JOVEN REVISOR:



SHIVANI

EDAD: 15

¿Qué es la música y por qué se cree que es importante para el aprendizaje? Los sonidos musicales llenan nuestras vidas, desde la música que compartes en Internet hasta las canciones que suenan en tiendas y restaurantes, siempre estamos cerca de ella. Tocar música es para el cerebro un “ejercicio” multisensorial que puede fortalecer la memoria, ayudarnos a prestar atención y quizás incluso mejorar la capacidad de lectura. En este artículo, mostramos cómo varias funciones cerebrales, incluidas la audición, la vista, el movimiento y la conciencia social, se ven afectadas por el entrenamiento musical. No es necesario ser un Mozart para que nuestro cerebro se beneficie de tocar música; la música es muy accesible y es algo más que solo canciones. Siempre que te comunicas sin palabras (la forma en que dices algo en lugar de lo que dices), estás mostrando un comportamiento musical. En este artículo, investigamos el aprendizaje y la música para intentar comprender por qué esta favorece el desarrollo del cerebro y cómo puede ser una parte central de nuestras vidas, dentro y fuera del aula.



**SEMÁNTICA**

Da significado al lenguaje o la lógica.

**MELODÍA**

Secuencia de notas individuales musicalmente satisfactoria.

**RITMO**

Patrón de movimiento o sonido fuerte, regular y repetido.

**MUSICALIDAD**

Talento o sensibilidad musical.

**TEST DE COCIENTE INTELECTUAL**

Cociente que mide la inteligencia de una persona a partir de unas pruebas psicológicas.

**PLASTICIDAD NEURONAL**

Capacidad del sistema nervioso de modificarse a sí mismo como respuesta a una experiencia o privación.

**ATENCIÓN A LA MELODÍA**

¿Qué es la música y por qué se cree que es importante para el aprendizaje? Aunque en todo el mundo, personas de distintas culturas hacen algo que podría llamarse música, no muchos de ellos le dan un nombre o lo consideran algo diferente a otras actividades, como bailar o contar cuentos [1]. Por eso, solo podemos definir la música de forma general como un modo de comunicarse a través del sonido. Sin embargo, a diferencia del habla, la música no suele considerarse **semántica**. Esto significa que no emplea palabras para explicar las cosas. Piensa en lo complicado que sería decir algo relativamente simple como “se te ha desatado el zapato izquierdo” con solo **melodía** y **ritmo**. Al mismo tiempo, la música puede transmitir emociones profundas que serían difíciles de describir con palabras. Por otro lado, la música es una forma de arte, cualquier forma de comunicación es en parte musical y se puede decir que tiene **musicalidad**. Piensa en todas las formas en que podrías decir “¿eh?”. Cada una de ellas comunica algo distinto. Eso es musicalidad. No se trata de una actuación musical, sino de un aspecto musical de la comunicación. No todo el mundo es un maestro del violín, pero sí lo es de su propio estilo de comunicación.

Al principio, algunos científicos pensaron que el cerebro podía beneficiarse con solo escuchar música. Demostraron que las puntuaciones de las personas en los **tests de cociente intelectual** mejoraban cuando escuchaban música clásica de Mozart [2]. Ello llevó a la creencia de que escuchar música te hace más inteligente. No obstante, esto fue una simplificación excesiva y una exageración de los resultados. Estudios posteriores han demostrado que escuchar música en realidad no te hace más inteligente, sino que aumenta la sensación de satisfacción y disminuye la de estrés, lo que a veces se traduce en una mejor concentración y en mejores resultados en las pruebas. Esto significa que, si bien la música en el hogar o en el aula no mejoraría automáticamente tu rendimiento, sí podría ayudarte a concentrarte en una nueva tarea o en situaciones en las que se requiere mayor atención y menor estrés. Además, el simple hecho de escuchar música no tiene el mismo efecto que tocar un instrumento, del mismo modo que mirar deporte no tiene el mismo efecto que practicarlo. Por lo tanto, el poder de concentración de la música podría ampliarse tocándola.

**MÚSICA PARA EL PODER CEREBRAL**

Al igual que los músculos, el cerebro se fortalece cuanto más lo ejercitas. El proceso de modificar el cerebro a través de nuestras experiencias se denomina **plasticidad neuronal**, ya que el cerebro se moldea fácilmente, como el plástico. Los científicos miden la plasticidad neuronal con técnicas especiales de imágenes del cerebro,

como la resonancia magnética (RM) o el electroencefalograma (EEG), para descubrir exactamente cómo la reproducción de música altera la forma en que funciona nuestro cerebro. La investigación con estas máquinas, así como el estudio de los cerebros de las personas que han fallecido, muestra que las áreas encargadas de la audición (oído), de la visión (vista) y de la motricidad (movimiento) del cerebro están especializadas en los músicos profesionales [3]. Esta especialización incluye no solo un mayor tamaño de cada área del cerebro, sino también la forma en que funciona. La ciencia nos dice que la música es mucho más que una simple fuente de entretenimiento; es una parte importante de nuestra vida de aprendizaje. Estas son algunas de las cosas importantes que suceden en el cerebro cuando tocamos música (para más información, véase Zatorre [4]):

**Audición:** El sistema auditivo procesa los sonidos con mayor eficacia después de una práctica musical. Las personas son capaces de detectar pequeñas diferencias en la frecuencia (número de ondas sonoras por segundo), lo que hace que tanto el habla como la música sean más fáciles de escuchar [5].

**Motricidad:** Las áreas del cerebro que controlan los músculos y las partes del cuerpo relacionados con los instrumentos (como dedos, boca, etc.) aumentan de tamaño. En estas regiones, hay más neuronas en el cerebro dedicadas a perfeccionar el movimiento muscular.

**Lectura:** Los estudios demuestran que una mejor habilidad musical está relacionada con puntuaciones más altas en lectura, lo que sugiere un vínculo entre nuestra capacidad de escuchar el habla y nuestra capacidad de asignar sonidos a letras.

**Conciencia socioemocional:** Tocar música en grupo puede mejorar la conciencia socioemocional, es decir, la capacidad de identificar, gestionar y expresar emociones de forma constructiva. Por ejemplo, es más probable que los niños muy pequeños interactúen más fácilmente con personas con las que tocan música.

## CONEXIÓN MUSICAL

¿Cómo puede la música modificar la información que no percibe el oído? La razón por la que la música puede llegar a tantas partes del cerebro es que el sistema auditivo está muy conectado con otras áreas sensoriales [6] (Figura 1). Piensa en tus primeros días de colegio, seguramente recordarás haber cantado canciones. Muchos de nosotros todavía cantamos la canción del alfabeto cuando intentamos recordar la posición de una letra determinada. Si no nos crees, ¿qué letra va cuatro letras después de la "m"? Ahora dinos que no has oído la canción del alfabeto en tu mente mientras buscabas la respuesta. Las canciones con melodías y ritmos repetitivos nos ayudan a memorizar listas, historias e incluso procesos.

### Figura 1

Otras áreas sensoriales del cerebro proporcionan información al área auditiva (oído, en azul). Las áreas multisensoriales, como la corteza prefrontal (conocimiento), la corteza motriz (movimiento) y la corteza auditiva compleja se muestran en gris y contienen pequeños recuadros de colores para mostrar los sentidos con los que interactúan. Las conexiones fuertes hacia y desde las áreas auditivas y visuales se consideran carreteras de doble sentido, ya que la información sensorial se comparte entre áreas del cerebro en ambas direcciones (líneas naranjas discontinuas). De manera similar, las áreas somatosensoriales (tacto) se muestran en verde y también tienen conexiones bidireccionales que comparten información. Adaptado de Musacchia y Schroeder [6].

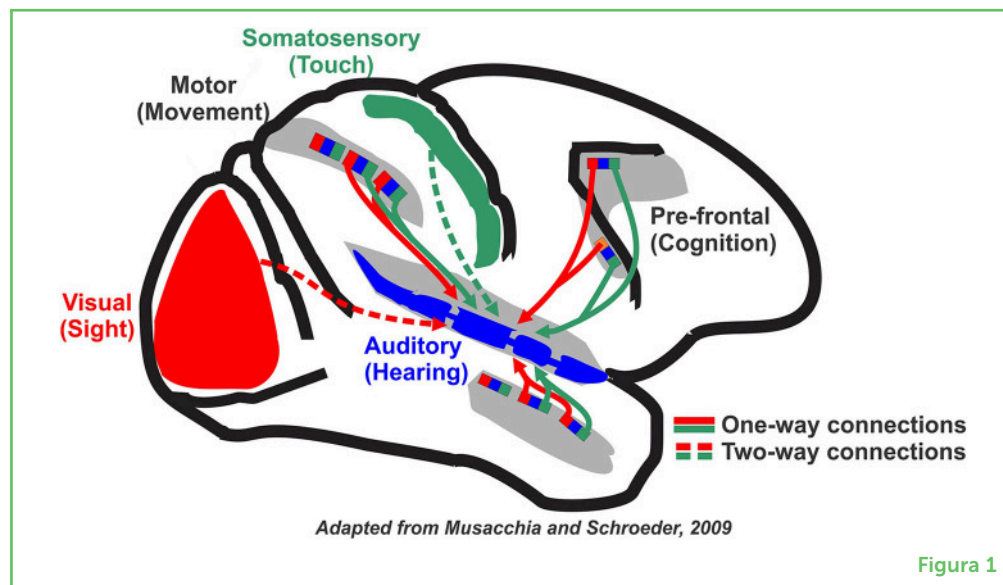


Figura 1

La Figura 1 muestra el patrón de conexiones entre el área auditiva principal del cerebro y las otras áreas sensoriales y perceptivas. Cuando aprendemos a tocar música, nuestros sentidos interactúan activamente, incluida la vista, el tacto, el oído, el equilibrio, el movimiento y la propiocepción (conciencia corporal). Hay dos cosas que hacen que la música sea tan especial. En primer lugar, cuando tocas música, estás usando todos tus sentidos. Por ejemplo, sientes el instrumento en las manos, escuchas los sonidos que tocas y ves las notas en la partitura. Dado que cada tipo de información sensorial llega al cerebro en un momento diferente, este debe trabajar para sincronizar toda la información. En segundo lugar, cuando se toca música, las cosas suceden a diferentes velocidades y escalas de tiempo y deben alinearse con precisión. Por ejemplo, un guitarrista debe saber dónde se encuentra en un tiempo, en un ritmo, en una melodía, en una canción y en un concierto, alineando con precisión todos estos factores. Si bien nuestra comprensión de cómo el cerebro realiza un seguimiento de todas estas cosas sigue sin estar clara, es probable que existan diferentes mecanismos de cronometraje ("relojes") para diferentes escalas de tiempo (velocidades). Parte de nuestra investigación se basa en la idea de que la sincronización entre estos "relojes" cerebrales podría ayudarnos a analizar otras fuentes de sonidos como el habla.

## TODA UNA VIDA DE MÚSICA

La música también es una forma de expresar nuestra identidad. La música que tocamos, o incluso escuchamos, puede ser una forma de decirle al mundo, a nuestros compañeros, a nuestros padres y a nuestros amigos algo sobre nuestra personalidad. En culturas que no usan la escritura, los cantantes ocupan a menudo un lugar importante en la sociedad, porque memorizan hechos relevantes

como la historia o las relaciones familiares. Si bien la expresión musical de la identidad suele ser positiva, ha habido ocasiones en las que un grupo de personas ha encontrado la música de otro grupo amenazadora o incluso peligrosa [7]. Por ejemplo, a finales de los ochenta, los cantantes de rap eran arrestados por dar conciertos que las autoridades consideraban hostiles e irrespetuosos.

Si bien podrías pensar que cantar una canción o tocar un instrumento es una actividad especial que realizas únicamente en ciertos momentos, también debes darte cuenta de que la música y los sonidos musicales llenan nuestras vidas. La música se reproduce en altavoces y, a veces, en vivo, y escuchamos música en la mayoría de los lugares públicos, autobuses, ascensores o restaurantes. Muchos de nosotros escuchamos música en nuestros teléfonos o también en el coche.

Nuestras vidas están realmente llenas de música, por lo que nuestra relación con ella puede ejercer gran influencia en toda una vida de aprendizaje.

## AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer de todo corazón a quienes ayudaron en la traducción de los artículos de esta colección para hacerlos más accesibles a los niños fuera de los países de habla inglesa, y a la Fundación Jacobs por proporcionar los fondos necesarios para traducir los artículos.

## REFERENCIAS

1. Merriam, A. P., and Merriam, V. 1964. *The Anthropology of Music*. Evanston, IL: Northwestern University Press.
2. Rauscher, F. H., Shaw, G. L., and Ky, K. N. 1995. Listening to Mozart enhances spatial-temporal reasoning: towards a neurophysiological basis. *Neurosci. Lett.* 185:44–7.
3. Schlaug, G. 2009. "Music, musicians, and brain plasticity," in *Oxford Handbook of Music Psychology*, eds S. Hallam, I. Cross and M. Thaut (Oxford: Oxford University Press), 197–207.
4. Zatorre, R. J. 2003. Music and the brain. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 999:4–14. doi: 10.1196/annals.1284.001
5. Musacchia, G., Sams, M., Skoe, E., and Kraus, N. 2007. Musicians have enhanced subcortical auditory and audiovisual processing of speech and music. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 104:15894–8. doi: 10.1073/pnas.0701498104
6. Musacchia, G., and Schroeder, C. E. 2009. Neuronal mechanisms, response dynamics and perceptual functions of multisensory interactions in auditory cortex. *Hear Res.* 258:72–9. doi: 10.1016/j.heares.2009.06.018
7. Binder, A. 1993. Constructing racial rhetoric: media depictions of harm in heavy metal and rap music. *Am. Sociol. Rev.* 58:753–67.

**EDITOR:** Jessica Massonnie

**MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS:** Prachi Patel

**CITACIÓN:** Musacchia G y Khalil A (2023) Música y aprendizaje: ¿Te hace la música más inteligente? Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2020.00081-es

**TRADUCIDO Y ADAPTADO DE:** Musacchia G and Khalil A (2020) Music and Learning: Does Music Make You Smarter? Front. Young Minds 8:81. doi: 10.3389/frym.2020.00081

**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2023 Musacchia y Khalil. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

## JOVEN REVISOR

**SHIVANI, EDAD: 15**

¡Hola! Me llamo Shivani y soy una estudiante atleta de secundaria que vive en San José. En el aula, me encanta aprender matemáticas y ciencias, y fuera de ella me gusta nadar y jugar al voleibol y al golf. En mi tiempo libre, hago trabajos de voluntariado, paso tiempo con mis amigos y descubro música nueva.



## AUTORES

**GABRIELLA MUSACCHIA**

Gabriella Musacchia es profesora adjunta del Departamento de Audiología de la Universidad del Pacífico y becaria de investigación de la Universidad Stanford. Imparte cursos de posgrado en fisiología auditiva y percepción a futuros doctores en audiología. Su investigación se centra en el uso del método de imagen de electroencefalografía (EEG) para comprender cómo el cerebro procesa el habla y la música. \*[gmusacchia@pacific.edu](mailto:gmusacchia@pacific.edu)



**ALEXANDER KHALIL**

Alexander Khalil es profesor de etnomusicología de la Universidad Colegio Cork de Irlanda e investigador del Instituto para Computación Neural de UCSD, California. Su investigación se centra en cómo las personas viven el tiempo, particularmente en relación con la música y el ritmo musical. Está especializado en el estudio del canto bizantino, en la música tradicional china y en el gamelán balinés. También le gusta interpretar y componer su propia música y fabricar instrumentos musicales.

**Spanish version provided by**

Versión en español por







## CUANDO ELEGIR NO ESCUCHAR TE AYUDA A ATENDER Y APRENDER

Angela M. AuBuchon<sup>1\*</sup> y Ryan W. McCreery<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Lenguaje y Memoria de Trabajo, Hospital de Investigación Nacional de Boys Town, Omaha, NE, Estados Unidos

<sup>2</sup>Laboratorio de Audibilidad, Percepción y Cognición, Hospital de Investigación Nacional de Boys Town, Omaha, NE, Estados Unidos

### JÓVENES REVISORES:



IAGO

EDAD: 13



ROADRUNNERS  
& COBRAS

EDADES:  
10–11

Escuchar sonidos importantes nos ayuda a aprender. Sin embargo, puede resultar difícil distinguir los sonidos importantes de los no tan importantes o del mero ruido. Diferentes partes de nuestro cerebro se ven afectadas por diferentes tipos de ruido, lo que dificulta el aprendizaje. A medida que nuestro cerebro crece, mejora la capacidad de distinguir los sonidos importantes del ruido. No obstante, existen algunos trucos para escuchar que tanto los niños como los adultos pueden usar para atender y aprender en entornos ruidosos.

A menudo, los adultos esperan que los niños aprendan en aulas ruidosas. Sillas que se arrastran por el suelo, cortadoras de césped afuera u otros estudiantes hablando en la mesa de al lado. De hecho, recientemente medimos los sonidos en 157 aulas, incluso sin estudiantes: en 137 aulas había suficiente ruido como para interferir con la audición [1]. Aunque el recorrido entre nuestros oídos y el cerebro puede parecer un viaje corto, son múltiples las formas en que

## SISTEMA AUDITIVO

Sistema corporal responsable de la audición. Se compone de partes mecánicas y de neuronas que transmiten información acústica desde el oído hasta el cerebro.

### Figura 1

Aquí vemos neuronas y estructuras similares a máquinas del sistema auditivo. Las partes que más intervienen en escuchar e ignorar el ruido están etiquetadas. El pabellón auricular (pinna) dirige los sonidos hacia el conducto auditivo (ear canal). Debemos prestar atención a los sonidos importantes porque es el pabellón auricular el que mejor los canaliza. La cóclea (cochlea) convierte los sonidos en electricidad que viaja por los nervios auditivos (auditory nerves) para encontrarse en el tronco encefálico (brain stem). A continuación, las señales eléctricas viajan por el tálamo (thalamus) hacia la corteza auditiva (auditory cortex) situada en el lóbulo temporal del cerebro. Bones of middle ear = Huesecillos del oído medio, Ear drum = Tímpano.

el ruido es capaz de interrumpir el aprendizaje. Lo que puede resultar especialmente frustrante es que a veces los ruidos no molestan tanto a los adultos como a los niños. Esto se debe en parte a que el **sistema auditivo** de un niño todavía está creciendo y cambiando (Figura 1). Además, los adultos tienen habilidades para hacer frente al ruido. Explicaremos cómo los sonidos que no parecen importantes dificultan la comprensión de otras cosas que escuchamos y vemos. A continuación, te daremos algunos trucos para escuchar y aprender a través del ruido.

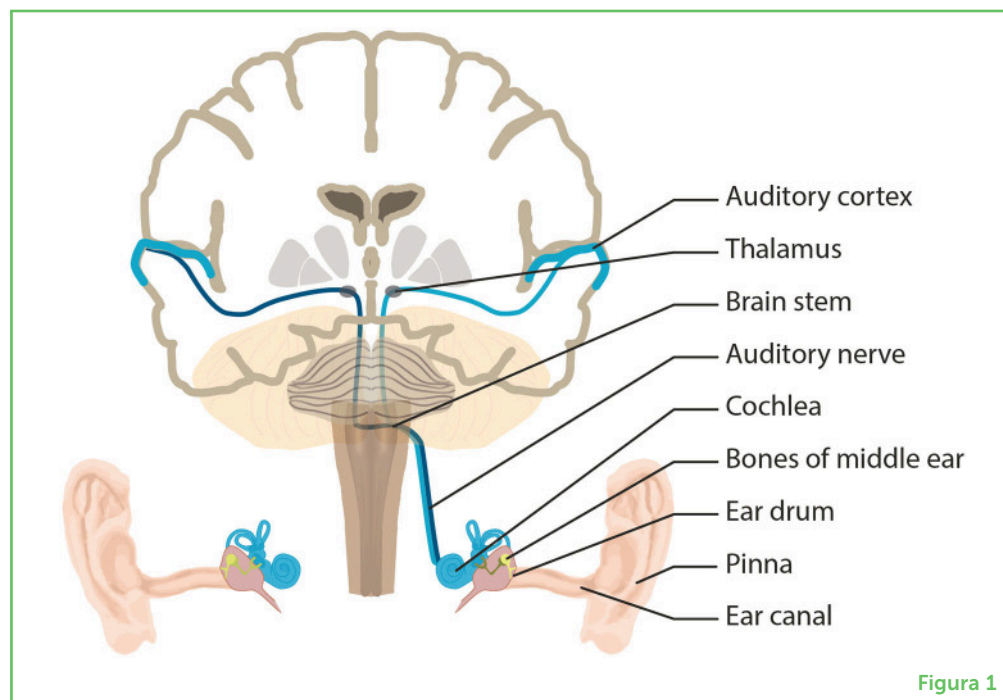


Figura 1

## CATEGORÍAS DEL RUIDO

Cada ruido afecta a nuestro sistema auditivo de diferentes maneras. Nos centraremos en tres tipos de ruido. En primer lugar, hay ruido que cambia con el tiempo. Este sería el tipo de ruido de dos de tus compañeros que mantienen una conversación. Otro ejemplo de ruido cambiante sería escuchar *jazz* mientras estudias. Cuando el ruido cambia, a veces tiene un tono alto, como una trompeta, y a veces un tono bajo, como una tuba. En ocasiones, el ruido es fuerte y otras veces suave. La intensidad acústica se mide en decibelios (dB). Los sonidos suaves, como el susurro de las hojas, rondan los 20 dB y los sonidos fuertes, como los de los motores de un avión, superan los 100 dB. En segundo lugar, hay un ruido constante. Se trata de un ruido que suena prácticamente igual de principio a fin, por ejemplo, el zumbido de un ordenador, el rugido de una cortadora de césped o el rumor en una cafetería cuando todos hablan a la vez. El tercer tipo de ruido es repentino y breve. Son ruidos que sorprenden. Pueden ser fuertes, como un portazo, pero no necesariamente. Solo tienen que

ser más fuertes que los sonidos cercanos. Un teléfono móvil con un suave zumbido estaría en esta categoría si el resto de la habitación estuviera muy silencioso.

## PABELLÓN AURICULAR

Parte del sistema auditivo adherida al exterior de la cabeza, lo que la gente suele llamar "oído". Los científicos denominan "oído" al conjunto, desde el pabellón auricular hasta la cóclea.

## CÓCLEA

Estructura en forma de espiral que convierte las ondas sonoras en señales nerviosas que salen de la cóclea situada en el nervio auditivo, uno de los doce "nervios craneales" específicos que no pasan por la médula espinal.

## DISTINGUIR EL SONIDO DEL RUIDO

Cuando un lugar tiene muchos sonidos, estos se mezclan a medida que viajan a nuestros oídos. Tus "oídos" son algo más que los receptores curvos de ondas sonoras situados a ambos lados de la cabeza y que se conocen como **pabellones auriculares**. Cada oído incluye también el conducto auditivo hacia el tímpano, el tímpano, algunos huesecillos situados al otro lado del tímpano y una estructura llamada **cóclea**. La cóclea es donde las ondas sonoras se convierten en señales comprensibles para las neuronas del sistema auditivo. La cóclea también es un lugar donde los sonidos se mezclan. Imagina que tu cóclea es un estanque. Los sonidos que llegan a ella son como piedras que dejan ondas cuando se arrojan a él. Si todos los estudiantes de la cafetería arrojaran piedras a nuestro estanque, habría ondas por todas partes. Las ondas terminarían por chocar entre sí. Cuando las ondas se mezclan, es difícil distinguir exactamente qué ondas provienen de qué estudiante. Esta es la primera razón por la que es difícil concentrarse cuando hay ruido, pues dos sonidos no son muy buenos si están en el mismo lugar al mismo tiempo. Al contrario, los sonidos se mezclan en uno solo confuso y desordenado. Los tres tipos de ruido se mezclan con sonidos importantes, pero los ruidos constantes se mezclan más con otros sonidos. A diferencia de los ruidos repentinos, el ruido constante dura mucho tiempo, y a diferencia del ruido cambiante, el ruido constante nunca se vuelve más suave. Cuando el ruido cambiante se silencia, incluso por un momento, el sonido importante tiene toda la cóclea para sí. Un truco consiste en utilizar esos momentos de tranquilidad para "vislumbrar" el sonido importante. Nuestras cócleas están completamente desarrolladas antes de nacer, por lo que los sonidos se mezclan en las cócleas de la misma manera en adultos y niños. Sin embargo, los adultos pueden usar mejores trucos como "vislumbrar" para escuchar sonidos importantes. Esto se debe a que la capacidad de nuestro cerebro para procesar los sonidos mejora a medida que crecemos.

Para comprender lo que sucede a nuestro alrededor, debemos volver a dividir los sonidos mezclados en partes individuales. Un truco para ayudarnos a separar los sonidos es hacer que el sonido importante sea más fuerte. Imagina el estanque lleno de ondas causadas por las piedras de los estudiantes. Ahora, imagina a tu maestro arrojando una piedra de gran tamaño. Sus ondas aún podrían mezclarse con las de las piedras de los estudiantes. Sin embargo, las ondas de la piedra son tan grandes que son fáciles de distinguir. Invitamos a niños con audición normal y a niños con pérdida auditiva a que escuchasen frases importantes con ruido de fondo. De cada grupo, solo algunos

## Figura 2

Muy pocos niños entienden la mitad de lo que oyen cuando el hablante habla más bajo que el ruido. Por ejemplo, la parte inferior del gráfico representaría al profesor hablando (la mayoría de la gente habla a unos 60 dB) junto a una cortadora de césped (70 dB). En un aula ruidosa se dan aproximadamente 90 dB. La mayoría de los niños con audición normal necesita que el hablante sea al menos tan fuerte como el ruido (lado derecho). Los niños que se encuentran cerca de la parte superior del gráfico necesitan que el hablante sea más fuerte que el ruido. Observa que casi todos los niños con pérdida auditiva están cerca de la parte superior del gráfico (lado izquierdo). Ello ilustra lo difícil que les resulta escuchar en ambientes ruidosos a niños con pérdida auditiva, aun cuando utilicen audífonos [6].

## HABITUACIÓN

Disminución de la respuesta cuando se presenta el mismo sonido, vista, olfato o tacto durante un período prolongado.

podieron entender las frases cuando eran más silenciosas que el ruido o cuando las frases y el ruido tenían el mismo volumen. Tan pronto como las frases se volvieron algunos decibelios más fuertes que el ruido, la mayoría de los niños con audición normal pudieron distinguir entre sonidos y ruido y comprender lo dicho. Sin embargo, algunos niños necesitaban que las frases fueran mucho más fuertes que el ruido para poder distinguirlas (Figura 2).

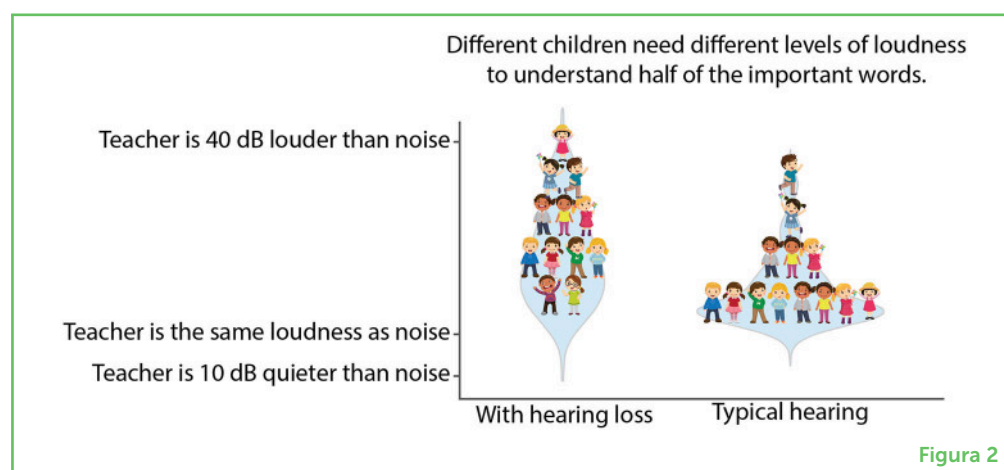


Figura 2

Hacer que los sonidos importantes sean más fuertes es un truco útil, pues hay muchas formas de hacer que tu profesor suene más fuerte. Puedes pedirle que levante la voz o acercarte a él.

También puedes intentar reducir el ruido. Si el ruido procede del exterior, pide cerrar la ventana. Nuestro cerebro tiene un truco útil para hacer que los ruidos no tan importantes parezcan más suaves. Se denomina **habituación**. La habituación es cuando sucede lo mismo una y otra vez y dejamos de responder ante ello. La habituación se produce ante sonidos, imágenes, olores y tactos. ¿Alguna vez has hecho palomitas de maíz que oleran muy bien? Después de un rato, dejas de notar el olor. Luego vas al baño y cuando regresas, vuelves a percibir el olor de las palomitas. Este es un ejemplo de habituación a un olor. El olor a palomitas de maíz sigue ahí, pero tu cerebro deja de notarlo. Lo mismo sucede con los sonidos, especialmente los ruidos constantes. Aunque en realidad el ruido constante no se vuelve más débil, produce una respuesta cerebral más pequeña con el tiempo, lo que hace que el sonido importante parezca más fuerte en comparación. Por desgracia, incluso los niños de entre nueve y once años tardan más que los adultos en habituarse a los sonidos [2]. La capacidad de los adultos para habituarse a ruidos constantes puede ser una de las razones por las que son capaces de comprender mejor que los niños palabras importantes incluso cuando hay ruido [3].

También distinguimos ruidos cuando determinamos el origen de los sonidos. Esto es posible porque tenemos dos oídos. Un sonido a tu

derecha será un poco más fuerte para el oído derecho que para el oído izquierdo (demostración de sonido). Un sonido a tu derecha también llegará a tu oído derecho un poco más rápido que a tu oído izquierdo. La diferencia es tan pequeña (la mitad de un milisegundo) que nunca la notarías. Sin embargo, tu sistema auditivo se da cuenta. Una vez que la información sonora sale de cada cóclea, viaja a lo largo de un nervio especial, llamado nervio auditivo, directamente hasta el tronco encefálico. Este recibe señales nerviosas de ambas cócleas y puede decir qué cóclea ha escuchado un sonido primero y con mayor intensidad. Cuando somos adultos, nuestros troncos encefálicos han calculado exactamente cuánto tiempo más necesita (y cuánto cambia el volumen) mientras el sonido viaja por nuestras cabezas. Nuestras cabezas siguen creciendo rápidamente hasta que tenemos seis años, lo que dificulta la búsqueda de sonidos a los niños muy pequeños. Saber de dónde proviene cada sonido ayuda a nuestro sistema auditivo a desenmarañar los sonidos.

También podemos distinguir los sonidos mezclados prestando atención a uno e ignorando el resto. No entendemos bien cómo lo hace nuestro cerebro. A veces, parece que decidimos a qué prestamos atención, pero otras veces parece que nuestro cerebro decide por nosotros. Si tu clase está trabajando cuando una puerta se cierra de repente, los estudiantes mirarán la puerta. El sistema auditivo escucha el sonido, descubre de dónde procede y decide que puede ser lo suficientemente importante como para prestarle atención. Una idea es que el **tálamo**, una estructura situada en el interior del cerebro, ayuda a priorizar la información [4]. El tálamo obtiene información sobre los sonidos, así como sobre la vista, el gusto y el tacto. El tálamo puede monitorear nuestro entorno y detectar cuándo cambia un sonido, la vista o el tacto. Es más probable que los sonidos llamen nuestra atención si aparecen o cambian inesperadamente. Esto significa que los sonidos cambiantes pueden llamar nuestra atención incluso cuando no queremos que lo hagan.

## TÁLAMO

Estructura en el interior del cerebro que envía información sobre el sonido, la vista, el gusto y el tacto al resto del cerebro. Puede alertar a nuestro cerebro sobre cambios en nuestro entorno.

## EL RUIDO DIFICULTA EL APRENDIZAJE DE LO QUE VEMOS

El ruido no solo dificulta la atención a los sonidos importantes, sino también la atención a la información importante que vemos. Hasta que los niños tienen unos nueve años, incluso los ruidos constantes, como el aire acondicionado, pueden dañar la memoria [5]. Los ruidos constantes no parecen molestar mucho a los adultos, probablemente porque se habitúan a ellos. Sin embargo, tanto los niños como los adultos tienen dificultades para recordar palabras cuando se escuchan ruidos cambiantes de fondo, especialmente si el ruido cambiante también tiene palabras. Esto significa que es menos probable que recuerdes lo que has leído si el televisor está encendido. Incluso los niños de hasta doce años tienen problemas para recordar cuando los sonidos cambiantes no tienen palabras, como la música jazz. Dicho de otro modo, todos los ruidos perturban la memoria cuando somos



jóvenes, pero con la edad los diferentes ruidos se hacen más fáciles de ignorar. Esto sugiere que, con los años, nuestro cerebro controla mejor qué sonidos captan nuestra atención. Una vez que controlamos a qué presta atención nuestro cerebro, escuchamos y aprendemos mejor pese al ruido.

## UTILIZA LOS OJOS PARA OÍR MEJOR

Un truco de escucha muy importante es observar los sonidos importantes. Mirar algo nos ayuda a prestarle atención. Así separamos mejor el sonido importante del ruido. También podemos tomar la forma de los labios de una persona como pista de lo que está diciendo. Pide a un amigo que diga las palabras "diga" y "miga" sin hacer ningún sonido. Observa cómo sus labios se juntan para hacer el sonido de la "m". Las personas que saben utilizar estas pistas para leer los labios también comprenderán mejor el habla pese al ruido.

## CONCLUSIÓN

El ruido dificulta escuchar y aprender. Los niños tienen especial dificultad para escuchar y aprender en entornos ruidosos porque sus sistemas auditivos aún se están desarrollando. Sin embargo, los científicos han descubierto algunos trucos que nos ayudan a escuchar mejor: (1) haz que los sonidos importantes sean más fuertes y los ruidos más suaves; (2) averigua de dónde provienen los sonidos importantes y (3) observa los sonidos importantes.

## DEMOSTRACIÓN DE SONIDO

Escucha esta demostración de sonido sin auriculares. ¿Puedes decir qué historia está leyendo la profesora? Ahora ponte los auriculares. ¿Notas cómo la profesora se mueve por el aula, pero el ruido se queda quieto? Localizar al profesor nos ayuda a distinguir su voz y comprender la línea de *Jack and the Beanstalk*.



## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por NIH/NIDCD R01 DC013591 y NIH/NIGMS P20 GM109023. Los autores desean agradecer al Dr. Hans Packer por su ayuda con el desarrollo de las figuras. También les gustaría agradecer al Dr. G. Chris Stecker por hacer la demostración de sonido a partir de archivos de sonido proporcionados por Calandruccio et al. [7]. Nos gustaría agradecer de todo corazón a quienes ayudaron en la traducción de los artículos de esta colección para hacerlos más accesibles a los niños fuera de los países de



habla inglesa, y a la Fundación Jacobs por proporcionar los fondos necesarios para traducir los artículos.

## REFERENCIAS

1. Spratford, M., Walker, E. A., and McCreery, R. W. 2019. Use of an application to verify classroom acoustic recommendations for children who are hard of hearing in a general education setting. *Am. J. Audiol.* 28:927–34. doi: 10.1044/2019\_AJA-19-0041
2. Muenssinger, J., Stingl, K. T., Matuz, T., Binder, G., Eehalt, S., and Preissl, H. 2013. Auditory habituation to simple tones: reduced evidence for habituation in children compared to adults. *Front. Hum. Neurosci.* 7:377. doi: 10.3389/fnhum.2013.00377
3. Hall, J. W. III, Grose, J. H., Buss, E., and Dev, M. B. 2002. Spondee recognition in a two-talking masker and a speech-shaped noise masker in adults and children. *Ear Hear.* 23:159–65. doi: 10.1097/00003446-200204000-00008
4. Nakajima, M., and Halassa, M. M. 2017. Thalamic control of functional cortical connectivity. *Curr. Opin. Neurobiol.* 44:127–31. doi: 10.1016/j.conb.2017.04.001
5. AuBuchon, A. M., McGill, C. I., and Elliott, E. M. 2019. Auditory distraction does more than disrupt rehearsal processes in children's serial recall. *Mem. Cogn.* 47:738–48. doi: 10.3758/s13421-018-0879-4
6. McCreery, R. W., Walker, E., Spratford, M., Lewis, D., and Brennan, M. 2019. Auditory, cognitive, and linguistic factors predict speech recognition in adverse listening conditions for children with hearing loss. *Front. Neurosci.* 13:1093. doi: 10.3389/fnins.2019.01093
7. Calandruccio, L., Leibold, L. J., and Buss, E. 2016. Linguistic masking release in school-age children and adults. *Am. J. Audiol.* 25:34–40. doi: 10.1044/2015\_AJA-15-0053

**EDITOR:** Jessica Massonnie

**MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS:** Susana Martinez-Conde y Tobias Overath

**CITACIÓN:** AuBuchon AM y McCreery RW (2023) Cuando elegir no escuchar te ayuda a atender y aprender. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.00104-es

**TRADUCIDO Y ADAPTADO DE:** AuBuchon AM and McCreery RW (2020) When Choosing Not to Listen Helps You Hear and Learn. *Front. Young Minds* 8:104. doi: 10.3389/frym.2020.00104

**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2023 AuBuchon y McCreery. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de

los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

## JÓVENES REVISORES



### IAGO, EDAD: 13

Me llamo Iago y estoy en séptimo. Mis asignaturas favoritas son redacción, matemáticas, estudios sociales y ciencias. Mis pasatiempos son el teatro, D&D y la lucha con espadas falsas. Creo que es importante que los científicos escriban para niños y así estos aprendan a pensar de forma crítica y a hacer preguntas sobre cómo funciona el mundo. Mi mamá y mi papá son científicos "locos" porque metieron una carta en un cerebro para hacer un truco de magia. ¡Menos mal que el cerebro estaba hecho de gelatina!



### ROADRUNNERS & COBRAS, EDADES: 10–11

Somos una clase creativa de estudiantes de quinto grado con mucha curiosidad por aprender más sobre el mundo. Hemos disfrutado mucho pensando de manera creativa en este artículo y conociendo mejor algo que encontramos todos los días: el ruido. Nuestra experiencia como parte de Frontiers for Young Minds ha sido muy divertida.

## AUTORES



### ANGELA M. AUBUCHON

El objetivo de la investigación de Angela AuBuchon es comprender cómo las personas recuerdan información importante (e ignoran la no tan importante) para resolver un problema. Para obtener más información sobre la investigación de Angela, sigue su laboratorio @BoysTownWMLL en Facebook. Cuando Angela no está investigando, visita las escuelas locales para enseñar neurociencia a los estudiantes. Su lección favorita es ayudar a los estudiantes a diseccionar cerebros de ovejas. También es entrenadora de animadoras en la Platteview High School de Springfield, Nebraska. ¡Vamos Trojans! \*[angela.aubuchon@boystown.org](mailto:angela.aubuchon@boystown.org)

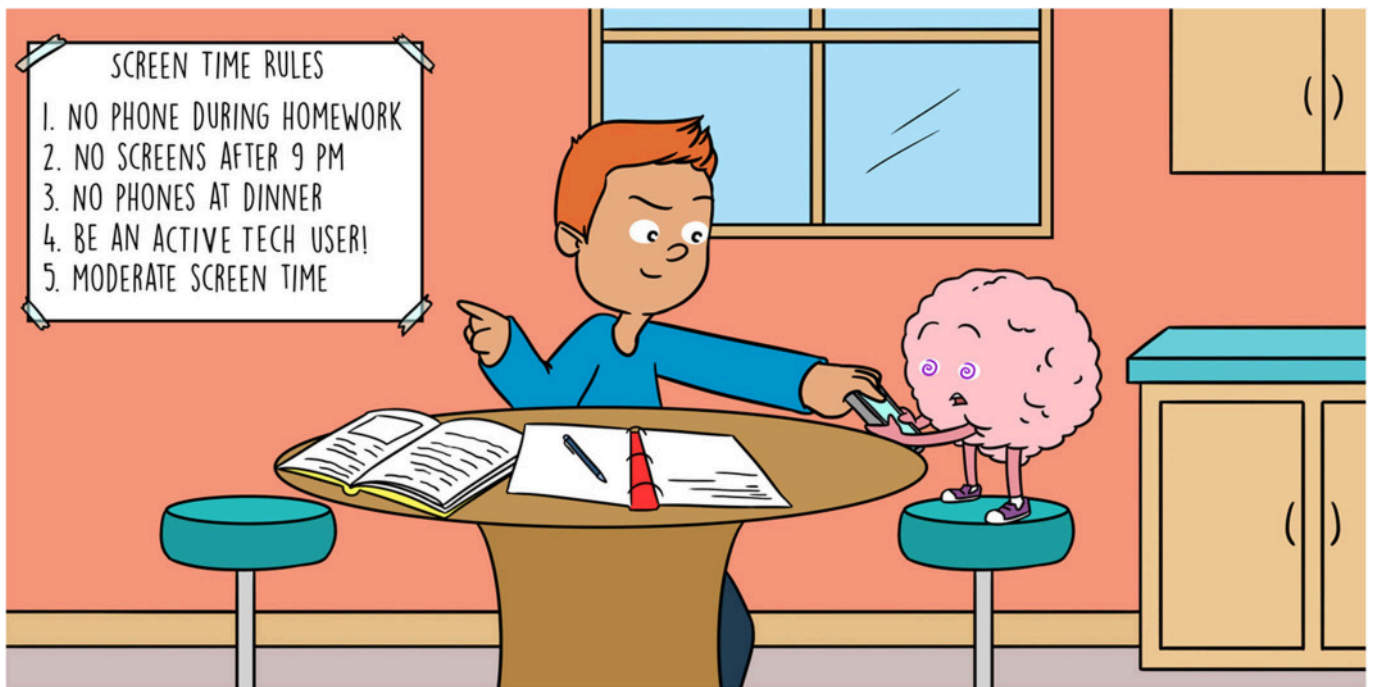


### RYAN W. MCCREERY

Ryan McCreery es un científico que trabaja para ayudar a los niños con pérdida auditiva a escuchar y aprender. Descubre la investigación de Ryan @APCLaboratory en Facebook. Ryan es el Director de Investigación del Hospital Nacional de Investigación de Boys Town y orgulloso padre de tres maravillosos hijos: Liam, Anna y Charlotte. También tiene dos perros: Lola y JoJo.

### Spanish version provided by

Versión en español por



## JUEGOS MENTALES: LA TECNOLOGÍA Y EL CEREBRO EN DESARROLLO DE LOS ADOLESCENTES

Lucía Magis-Weinberg\* y Estelle L. Berger

Centro Colaborativo de Investigación sobre la Adolescencia, Instituto de Desarrollo Humano, Universidad de California, Berkeley, Berkeley, CA, Estados Unidos

### JOVEN REVISOR:



SCOTTY

EDAD: 10

El cerebro tiene regiones que reaccionan a cosas emocionantes o gratificantes y regiones que te ayudan a planificar y controlar tus impulsos. Ambos sistemas trabajan juntos para ayudarte a aprender. A medida que los niños y los adolescentes se desarrollan y sus cerebros cambian, cambia el equilibrio entre las regiones de recompensa y las regiones de control. Estos cambios cerebrales hacen que los niños y adolescentes estén más dispuestos a explorar, a correr riesgos y a aprender de sus amigos. Sin embargo, estos cambios cerebrales también dificultan que los niños regulen su comportamiento, especialmente cuando hay amigos cerca o cuando hay mucha emoción. La tecnología puede mejorar el aprendizaje aprovechando el equilibrio entre recompensa y control. Sin embargo, algunas características tecnológicas también pueden promover interacciones sociales poco saludables o hacer que sea muy difícil controlar los impulsos en línea. En este artículo, mostramos cómo las áreas de control y recompensa del cerebro influyen en el aprendizaje. También se plantea que comprender cómo funciona

el cerebro puede ayudar a promover un aprendizaje positivo y empoderarte para tomar tus propias decisiones sobre cómo pasar tiempo conectado.

## LOS ADOLESCENTES CRECEN DENTRO Y FUERA DE LA RED

Cuando se trata de tecnología, los niños y los adolescentes son los mejores expertos. El 95% de los adolescentes de entre 13 y 17 años en los Estados Unidos tiene un teléfono inteligente y el 94% usa Internet al menos una vez al día [1]. A medida que los niños crecen y se convierten en adolescentes, ganan independencia y empiezan a usar y a ser propietarios de dispositivos, especialmente cuando comienzan la escuela secundaria [2]. La tecnología ofrece muchas oportunidades para conectarse, aprender y divertirse, dentro y fuera del aula. Sin embargo, la tecnología también conlleva riesgos, como la distracción de otras actividades y relaciones, demasiado tiempo frente a la pantalla o publicaciones apresuradas. Tanto los aspectos positivos como los negativos de la tecnología pueden amplificarse por algunas características clave del cerebro adolescente en desarrollo.

## EL EFECTO DE LA TECNOLOGÍA DEPENDE DE LA CALIDAD DE LAS ACTIVIDADES EN LÍNEA

La investigación sobre el uso de la tecnología es difícil por varias razones principales: (1) es difícil para las personas informar con precisión de la cantidad de medios de comunicación que utilizan; (2) es difícil saber si el uso de la tecnología hace que los niños tengan malas notas y se sientan disgustados, o si los niños que ya tienen malas notas y se sienten disgustados tienden a usar más la tecnología; y (3) tenemos que esperar hasta que los usuarios envejeczan para medir los efectos a largo plazo. A pesar de estos desafíos, esta investigación es importante y compartiremos lo que sabemos sobre los vínculos entre tiempo en línea y bienestar.

Los investigadores están descubriendo que usar la tecnología con moderación es clave (Figura 1), las personas que dedican muy poco o demasiado tiempo a usar dispositivos digitales experimentan más problemas [3]. Sin embargo, pasar una cantidad moderada de tiempo de alta calidad frente a dispositivos digitales puede asociarse con experiencias positivas, como sentirse feliz y conectado con los amigos. Las actividades de alta calidad son aquellas que requieren que participes activamente, como charlar con amigos y familiares, trabajar en un proyecto, crear contenido o aprender a través de videos. Las actividades de baja calidad están asociadas con sentimientos de depresión, envidia y soledad, y pueden incluir navegar pasivamente, compararse con otros en redes sociales o usar los dispositivos hasta

altas horas de la noche o cuando necesitas terminar otras tareas. Además, es importante utilizar la tecnología con un propósito y evitar la multitarea y la distracción. Por ejemplo, si haces los deberes mientras charlas con amigos, la calidad de ambas actividades se verá afectada. Si bien también queremos conocer el efecto en los adultos, el hecho de que los niños aún se estén desarrollando hace que los niños y adolescentes estén particularmente expuestos a ciertas características potencialmente negativas de la tecnología (ver Cuadro 1).

### Figura 1

El uso moderado de pantallas (ordenadores, tabletas, videojuegos y teléfonos inteligentes) se asocia con el mayor bienestar, mientras que ambos extremos, uso bajo y alto, se asocian con un menor bienestar (figura adaptada de Przybylski y Weinstein [3]). Wellbeing = Bienestar, Hours spent on screens = Horas pasadas frente a la pantalla.

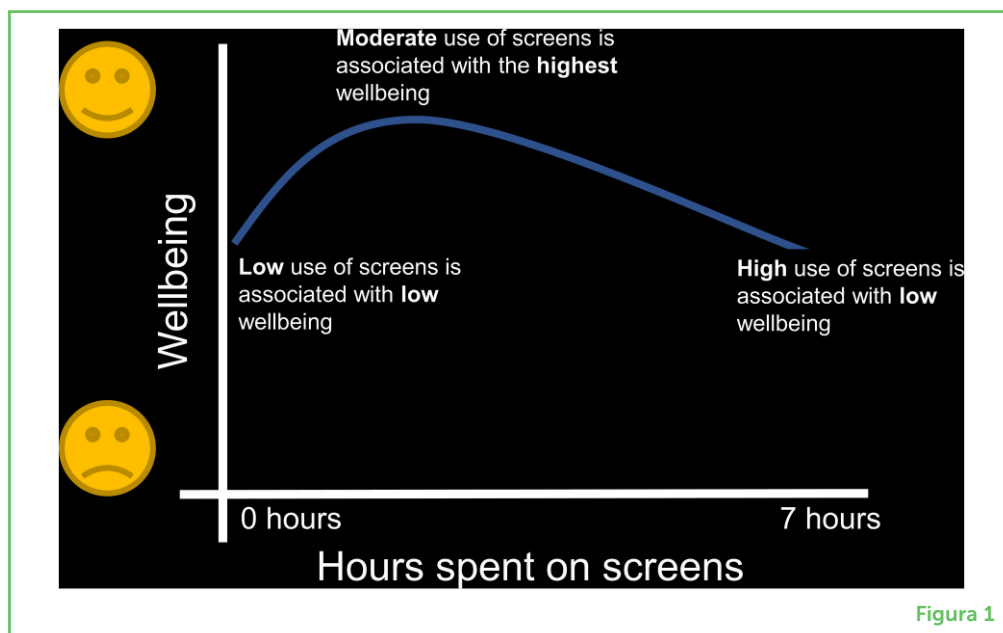


Figura 1

### Cuadro 1 | Consejos tecnológicos para adolescentes

1. Presta atención a la calidad y el contenido de lo que haces en línea en lugar del tiempo total frente a la pantalla.
2. Usa la tecnología de manera activa (creando videos, escribiendo historias, charlando con amigos y familiares, usando videos para aprender nuevas habilidades) en lugar de pasivamente (como desplazarse por el muro de una celebridad).
3. Evita la multitarea: cuando estés haciendo los deberes, apaga el teléfono móvil.
4. Asegúrate de que usar tus dispositivos no te quita tiempo para hacer ejercicio, dormir lo suficiente, hacer los deberes e interactuar con amigos y familiares.
5. Cuando te vayas a dormir, mantén tu dispositivo fuera de tu habitación; usa un despertador en su lugar.
6. Desactiva todos los valores predeterminados de las aplicaciones que pueden dificultar el control de su uso, como la reproducción automática de vídeo y las notificaciones.
7. Asume la responsabilidad de tu propio compromiso con los medios digitales y crea un contrato de uso de la tecnología que tenga sentido para ti y tu familia.

## ADOLESCENCIA

Período de desarrollo entre la niñez y la edad adulta (aproximadamente entre los 10 y los 24 años).

## DESARROLLO SOCIOEMOCIONAL

La capacidad de comprender, expresar y controlar emociones y sentimientos para construir y mantener relaciones con los demás.

## CONTROL COGNITIVO

Procesos mentales como la atención, la memoria y la toma de decisiones que guían pensamientos y comportamientos para ayudarnos a alcanzar nuestras metas.

### Figura 2

Las áreas del cerebro que participan en el control cognitivo (cognitive control), el procesamiento social (social processing) y el procesamiento de recompensas (reward processing) se muestran desde diferentes ángulos. **(A)** Superficie de la mitad derecha del cerebro, que muestra las regiones implicadas en el control cognitivo y las regiones que participan en el procesamiento social. **(B)** Superficie media del lado izquierdo del cerebro (se ha retirado el lado derecho), que muestra las áreas clave del cerebro social. **(C)** Centro del cerebro (imagina que la persona está frente a ti y se ha cortado una rebanada), que muestra las regiones implicadas en el procesamiento de recompensas.

## LAS REDES SOCIALES Y EL CEREBRO SOCIAL

La **adolescencia** es un período en el que los jóvenes aprenden mucho tanto dentro como fuera del aula, explorando sus intereses y descubriendo quiénes son y cómo se sienten consigo mismos [4]. Entre los 10 y los 24 años hay grandes cambios en el cuerpo y el cerebro. Durante estos años nos volvemos particularmente sensibles a lo que sucede a nuestro alrededor, porque nuestras redes cerebrales que controlan el **desarrollo socioemocional** (Figura 2, en azul y verde) están madurando socioemocionalmente más rápido que nuestra red de **control cognitivo** (Figura 2, en rojo). La red de control cognitivo está a cargo de procesos mentales como la atención, la memoria y la toma de decisiones, que guían los pensamientos y los comportamientos para ayudarnos a alcanzar nuestras metas. Esto significa que nuestra capacidad para tomar decisiones y aprender se ve afectada por lo emocionante o social que es la situación [2, 5].

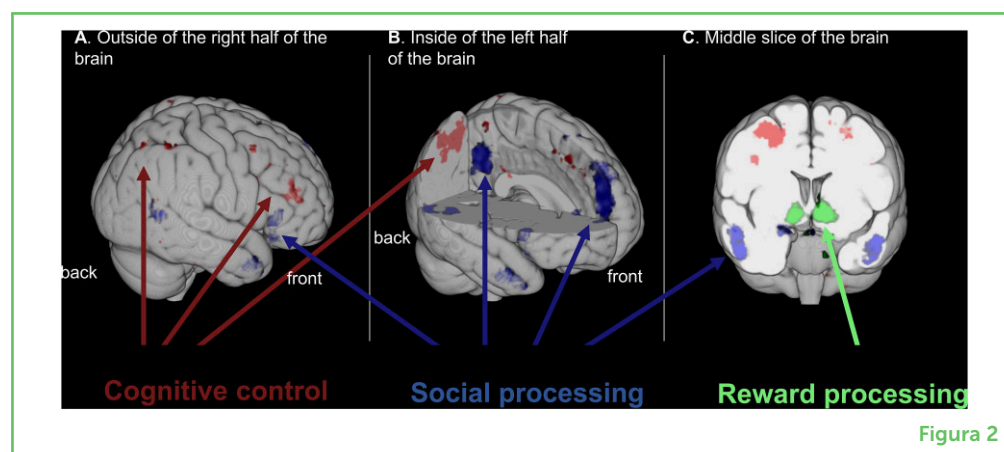


Figura 2

Los adolescentes tienen **objetivos de desarrollo** socioemocionales muy importantes, como descubrir quiénes son y desarrollar relaciones con los demás, que pueden verse influidos por las redes sociales. Los adolescentes son propensos a prestar mucha atención a la cantidad de me gusta o seguidores en las redes sociales porque sienten que es especialmente importante ser apreciados por sus compañeros y sentirse populares y admirados durante este periodo [4, 5]. Esta necesidad de obtener **recompensas extrínsecas**, específicamente comentarios positivos de los amigos, podría ser una de las razones por las que la mayoría de los adolescentes usan las redes sociales constantemente [6]. Las redes sociales pueden ser una gran herramienta para conectarse con amigos cuando se usan de manera positiva (como aprender más sobre lo que le gusta a un amigo o animarlo). Otro aspecto positivo clave de las redes sociales es que crean oportunidades para desarrollar muchas identidades, como quién eres como estudiante, amigo, hermano o fan de tu banda favorita [2]. Esta exploración te ayudará a comprender quién eres, qué y quién te gusta.



## OBJETIVOS DE DESARROLLO

Conjunto de habilidades que normalmente se espera que las personas logren durante un período de la vida (como aprender a caminar, en el caso de los niños o volverse más independientes de los padres, en el caso de los adolescentes).

## RECOMPENSAS EXTRÍNSECAS

Hacer algo por motivación externa, como conseguir puntos, me gusta, dinero, o ánimo.

Sin embargo, el deseo de ser popular también puede impulsar la necesidad de publicar sobre actividades de riesgo, hacer comentarios crueles o enviar imágenes reveladoras para llamar la atención. El drama digital, el ciberacoso y la exposición a material inapropiado también pueden provocar que los adolescentes se sientan estresados o molestos y dañar la reputación de una persona. Cuando las emociones son intensas, es particularmente difícil tomar buenas decisiones, ya que las habilidades de control cognitivo aún están madurando (Figura 2) [4, 5]. Por lo tanto, mientras elaboras una respuesta a un amigo que hirió tus sentimientos o consideras qué imagen publicar, tómate un momento extra para calmarte y pensar si tu yo del futuro se arrepentirá o se beneficiará de ese rastro permanente de tus opiniones y comportamiento. El drama realmente puede distraerte de tu bienestar y de tu experiencia escolar, así que considera qué estrategias de redes sociales funcionan mejor para ti.

Algunas características de las redes sociales, como el hecho de que se puede dar me gusta, compartir y comentar abiertamente las publicaciones, pueden hacer que las personas hagan cosas para conseguir más atención, impresionar a una audiencia virtual y compararse con los demás. En nuestra investigación, hemos descubierto que los adolescentes en la escuela secundaria que se comparan con otros y buscan retroalimentación a través de las redes sociales también presentan más síntomas depresivos y ansiosos. Además, pasar mucho tiempo desplazándose por los muros de otros puede afectar la autoestima de una persona. Sin embargo, una pregunta que los investigadores están tratando de responder es si las actividades en línea causan problemas o si las personas que ya tienen estos problemas tienden a usar las redes sociales de maneras que podrían ser perjudiciales. Teniendo en cuenta estos cambios socioemocionales, ¿cómo puedes utilizar la tecnología para fortalecer tus amistades y evitar las trampas sociales de los dispositivos?

## “ENGANCHARSE” A LOS DISPOSITIVOS

Cuando te estás divirtiendo en línea, puede ser especialmente difícil controlar el tiempo, y es posible que te “enganches” a tus dispositivos y pases conectado mucho más tiempo del que te conviene. Incluso puedes sentir que no puedes controlar cuánto tiempo o atención quieres prestar a tu dispositivo. Si bien la maduración de la red de control cognitivo (Figura 2, en rojo) te permite prestar atención durante períodos más prolongados y evitar distracciones, existen límites a tu capacidad de autorregulación, especialmente en momentos emocionantes o emocionalmente intensos. Recuerda, durante la adolescencia también hay un aumento en la actividad en las regiones del cerebro que responden a todo tipo de recompensas, incluidas las recompensas sociales (Figura 2, en verde). Algunas actividades gratificantes pueden ser beneficiosas, como hacer amigos

o sacar buenas notas. Por otra parte, otras actividades que activan los centros de recompensa también pueden ser malas para ti, como comer golosinas azucaradas, jugar a videojuegos toda la noche o participar en actividades peligrosas. Ser más sensibles a las recompensas hace que sea más probable que los adolescentes prueben cosas nuevas, exploren y actúen de formas que les hagan sentirse bien de inmediato [4]. Cuando estás conectado, esta necesidad de experimentar recompensas inmediatas podría anular tu capacidad para controlar y pensar en el futuro a largo plazo. Los juegos, los chats o las transmisiones en directo a altas horas de la noche pueden hacer que te sientas bien en el momento, pero ten en cuenta las consecuencias cuando estés cansado y malhumorado en el colegio la mañana siguiente (ver Cuadro 1).

## EFFECTOS DE LA TECNOLOGÍA SOBRE EL SUEÑO

¿Qué fue lo último que hiciste antes de cerrar los ojos anoche? Es probable que respondieras a un último mensaje de texto o que te quedaras dormido mientras veías una transmisión en directo. Sabemos que el uso de la tecnología afecta al sueño, que a su vez afecta al cerebro, al cuerpo y a la salud. Esto tiene efectos negativos en la capacidad para prestar atención, aprender y recordar. La falta de sueño también puede hacer que te sientas ansioso o triste. Usar los dispositivos por la noche en la cama hace que te resulte más difícil conciliar el sueño y probablemente te haga permanecer despierto hasta más tarde de lo debido. ¡Las notificaciones también pueden despertarte en medio de la noche! Es muy importante que el uso de la tecnología no interfiera con unos hábitos de sueño saludables, particularmente en un momento en que el cerebro y el cuerpo se están desarrollando. Es una buena idea mantener los dispositivos fuera de la habitación cuando vayas a dormir (ver Cuadro 1).

## ¡RECUPERA EL CONTROL!

Afortunadamente, conocemos algunos trucos útiles que pueden ayudarte a desconectar de las redes sociales, los juegos y los videos y a recuperar el control de tu valioso tiempo. Si te gusta ver videos en línea, desactiva la "reproducción automática", que suele ser la configuración predeterminada en muchas plataformas. Esto te facilitará elegir cuándo dejar de mirar. Antes de activar una cuenta nueva, asegúrate de que tu perfil está protegido y desactiva las notificaciones *push*. A menudo, la configuración predeterminada puede estar diseñada para mantenerte enganchado, porque las empresas compiten por tu atención y tu tiempo. Toma el control eligiendo configuraciones que te ayuden a usar la tecnología de una manera adecuada para ti. También puedes considerar dejar tu dispositivo fuera de la habitación por la noche, o quizás apagar el Wi-Fi

### RECOMPESAS INTRÍNSECAS

Hacer algo por motivación interna, como sentirte satisfecho o pleno contigo mismo.

por completo mientras haces los deberes para evitar la tentación y la distracción. Incluso puedes configurar recordatorios en el teléfono para tomar descansos y hacer diferentes actividades, como practicar deportes o pasar tiempo con amigos y familiares (ver Cuadro 1).

Teniendo en cuenta lo que ahora sabes sobre cómo responde tu cerebro a las redes sociales, los videojuegos, los videos en línea y otras formas de medios digitales, piensa en un horario para después de la escuela y los fines de semana que te permita mantener el control de cómo empleas tu tiempo. Tú sabes qué tardes tienes actividades extraescolares y el número de horas que tardas en hacer los deberes por la tarde. También sabes que es importante mantenerte conectado con tus amigos a través de las redes sociales, publicar en tu canal y jugar a tus juegos favoritos en línea. Al crear tus propias pautas para el uso de la tecnología, presentárselas a tus padres o profesores y luego beneficiarte de las reglas que has creado para ti mismo, estarás motivado por una **recompensa intrínseca**. En pocas palabras, una recompensa intrínseca es esa sensación de orgullo o satisfacción que experimentas cuando has hecho algo significativo para ti. Un sistema que diseñes por tu cuenta, en colaboración con los adultos que te cuidan, podría funcionar mejor que uno que se te imponga. Tal vez incluso crees un contrato de uso de tecnología con toda la familia. Los padres también tienen problemas para gestionar sus dispositivos, por lo que puedes compartir con ellos lo que sabes sobre cómo mantener un equilibrio saludable en los medios digitales.

## APROVECHAR AL MÁXIMO LA TECNOLOGÍA

La adolescencia es una época emocionante en la que descubrirás quién eres, entenderás qué y quién te gusta, y desarrollarás las herramientas que necesitas para perseguir tus pasiones. Usar tus dispositivos con un propósito y con una intención puede ayudarte a triunfar. Incluso puedes obtener beneficios positivos para tu salud mental al conversar con tus amigos, publicar fotografías de tu trabajo creativo o conectarte con un grupo de personas que comparten un interés común. Presta atención a la calidad y el contenido de lo que haces en línea en lugar de fijarte en el número de horas. Cuando utilices la tecnología, sé más activo que pasivo y evita la multitarea para aprovechar al máximo tu tiempo. Asegúrate de que el uso de tus dispositivos no te quite tiempo para hacer ejercicio, dormir lo suficiente, hacer tus deberes o interactuar con tus amigos y familiares. Mientras los científicos continúan investigando el uso de la tecnología y el cerebro en desarrollo, es muy importante que asumas la responsabilidad de tu propio compromiso con los medios digitales. Hazte cargo de tu dispositivo en lugar de dejar que tus dispositivos te dominen.

## AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer de todo corazón a quienes ayudaron en la traducción de los artículos de esta colección para hacerlos más accesibles a los niños fuera de los países de habla inglesa, y a la Fundación Jacobs por proporcionar los fondos necesarios para traducir los artículos.

## REFERENCIAS

1. Pew Research Center. 2018. *Teens, Social Media & Technology 2018*. Available online at: <https://www.pewinternet.org/2018/05/31/teens-social-media-technology-2018/>
2. Moreno, M. A., and Uhls, Y. T. 2019. Applying an affordances approach and a developmental lens to approach adolescent social media use. *Digit. Health*. 5:2055207619826678. doi: 10.1177/2055207619826678
3. Przybylski, A., and Weinstein, N. 2017. A large-scale test of the Goldilocks hypothesis: quantifying the relations between digital-screen use and the mental well-being of adolescents. *Psychol. Sci.* 8:204–15. doi: 10.1177/0956797616678438
4. Dahl, R. E., Allen, N. B., Wilbrecht, L., and Suleiman, A. B. 2018. Importance of investing in adolescence from a developmental science perspective. *Nature*. 554:441–50. doi: 10.1038/nature25770
5. Mills, K. L., Goddings, A. L., and Blakemore, S. J. 2014. Drama in the teenage brain. *Front. Young Minds* 2:16. doi: 10.3389/frym.2014.00016
6. Rideout, V., and Robb, M. B. 2018. *Social Media, Social Life: Teens Reveal Their Experiences*. San Francisco, CA: Common Sense Media.

**EDITOR:** Sabine Peters

**MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS:** Hector Arciniega

**CITACIÓN:** Magis-Weinberg L y Berger EL (2023) Juegos mentales: la tecnología y el cerebro en desarrollo de los adolescentes. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00076-es

**TRADUCIDO Y ADAPTADO DE:** Magis-Weinberg L and Berger EL (2020) Mind Games: Technology and the Developing Teenage Brain. *Front. Young Minds* 8:76. doi: 10.3389/frym.2020.00076

**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2023 Magis-Weinberg y Berger. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta

revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

## JOVEN REVISOR



### SCOTTY, EDAD: 10

Mi color favorito es el rojo. Mis películas favoritas son Space Jam y los Goonies. Mi actividad favorita en mi tiempo libre son la práctica de deportes y los videojuegos. Mis deportes favoritos son el baloncesto y el fútbol.

## AUTORES



### LUCÍA MAGIS-WEINBERG

Soy una médica y científica que investiga cómo la tecnología afecta el desarrollo de niños y adolescentes y sus cerebros, particularmente en países de Latinoamérica. Utilizo la tecnología todo el tiempo para hacer mi trabajo, para ejecutar nuestros proyectos en otros países y para comunicarme con mi familia y amigos que viven lejos, así que me doy cuenta del poder que tienen las interacciones en línea. A través de mi investigación, quiero ayudar a los adolescentes a prosperar en un mundo de cambio tecnológico acelerado. \*[l.magisweinberg@berkeley.edu](mailto:l.magisweinberg@berkeley.edu)



### ESTELLE L. BERGER

Soy una estudiante de psicología de posgrado y exploro la intersección del desarrollo adolescente, el contexto social y el uso de la tecnología. A través de mi investigación, me siento continuamente inspirada por el poder de los jóvenes para inspirar y crear un cambio significativo en el mundo. Fuera del laboratorio, puedes encontrarme caminando, intentando el crucigrama del domingo o cuidando mis plantas.

### Spanish version provided by

Versión en español por





## CANNABIS Y EL CEREBRO EN APRENDIZAJE

**Lana Vedelago<sup>1,2\*</sup>, Jillian Halladay<sup>1,3</sup>, Catharine Munn<sup>1,4</sup>, Katholiki Georgiades<sup>5,6</sup> y Michael Amlung<sup>1,6</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Psiquiatría y Neurociencias Conductuales, Centro de Investigación de las Adicciones Peter Boris, Universidad McMaster y hospital St. Joseph's Healthcare, Hamilton, ON, Canadá

<sup>2</sup>Programa Posgrado de Neurociencia, Universidad McMaster, Hamilton, ON, Canadá

<sup>3</sup>Departamento de Efectos, Prueba y Métodos de Investigación de la Salud, Universidad McMaster, Hamilton, ON, Canadá

<sup>4</sup>Centro de Investigación sobre el Cannabis Medicinal Michael G. DeGroote, Universidad McMaster, Hamilton, ON, Canadá

<sup>5</sup>Centro Offort de Estudios sobre la Niñez, Universidad McMaster, Hamilton, ON, Canadá

<sup>6</sup>Departamento de Psiquiatría y Neurociencias Conductuales, Centro de Investigación de las Adicciones Peter Boris, Universidad McMaster, Hamilton, ON, Canadá

### JOVEN REVISOR:



**GREESHMA**

EDAD: 13

¿Cómo afecta el cannabis (marihuana) al cerebro en desarrollo, el aprendizaje y el desempeño académico? La investigación nos dice que el cerebro continúa desarrollándose durante la adolescencia hasta mediados de los 20, y durante este tiempo es especialmente sensible a los efectos de drogas como el cannabis. Este artículo ofrecerá una descripción general de la investigación sobre los efectos a corto y largo plazo del cannabis en el pensamiento, el aprendizaje y el éxito académico. También vamos a proporcionar una ventana a la investigación con imágenes cerebrales, que permiten a los investigadores ver lo que está sucediendo en el cerebro a lo largo del tiempo cuando los jóvenes consumen cannabis. Esperamos que te dejará con más respuestas que preguntas, pero al finalizar dejaremos algunas de las preguntas importantes sin respuesta acerca



de los posibles efectos negativos del consumo de cannabis en la juventud.

## INTRODUCCIÓN

Como adolescente, te enfrentas a una abrumadora cantidad de opciones y presiones. Una elección a la que puedes enfrentarte es si probar o no el cannabis u otras drogas. Es posible que escuches diferentes cosas sobre los riesgos de probar el cannabis o consumirlo con regularidad. El debate público reciente, los cambios en las leyes sobre el cannabis y su uso como tratamiento para algunas afecciones médicas han llevado a algunas personas a creer que el cannabis es seguro y no tiene ningún riesgo para la salud o el aprendizaje. Este artículo no está aquí para decirte qué hacer, sino para compartir la investigación más actualizada sobre los efectos del cannabis en el cerebro en desarrollo y para desafiar algunos de los estereotipos y mitos sobre el consumo de cannabis.

El cannabis también se conoce como *marihuana*, *hierba* o *mota* y tiene efectos psicoactivos, lo que significa que puede cambiar temporalmente la función cerebral para alterar el estado de ánimo, el pensamiento y el comportamiento. Después del tabaco y el alcohol, el cannabis es la droga más consumida en el mundo y se consume con mayor frecuencia al fumar, vapear o en forma comestible. En América del Norte, los cambios recientes en las leyes han legalizado el consumo de cannabis para los mayores de 18 o 19 años en Canadá y mayores de 21 en la mayoría de los estados de EE.UU. La gente menciona que consume cannabis por varias razones, incluida la sensación de "euforia" que se produce, para "experimentar", para ayudar a socializar o con fines médicos. Al principio puede parecer que el cannabis está ayudando, por ejemplo, mejorando el estado de ánimo o facilitando un poco las situaciones sociales, pero con el uso repetido, el cannabis tiende a estar relacionado con empeorar las cosas. El cannabis también puede tener consecuencias negativas en la salud física y mental, especialmente cuando se consume en la adolescencia o al inicio de la vida adulta, se consume con mucha frecuencia o se consume en grandes cantidades. El cannabis también puede afectar tu juicio y tu capacidad para tomar decisiones y llevar a algunas personas a hacer cosas arriesgadas que de otro modo no harían, como conducir un automóvil estando drogado [1].

Los avances en la tecnología permiten a los investigadores observar de cerca cómo se ve y funciona el cerebro. Las técnicas de imágenes cerebrales, como las imágenes por resonancia magnética (RM), han demostrado que la adolescencia hasta la edad adulta es una época de cambios drásticos, especialmente en dos partes principales del cerebro. La primera parte, llamada *sistema endocannabinoide*, ayuda a desarrollar y agilizar las conexiones entre diferentes partes del

cerebro [2]. Como puedes deducir por el nombre, este sistema se ve afectado por el cannabis. La segunda parte del cerebro que cambia mucho durante este tiempo, la corteza prefrontal, es el centro de mando o "jefe" del cerebro, responsable de funciones como tomar decisiones, resolver problemas y controlar nuestro propio comportamiento (Figura 1) [2]. La investigación nos dice que el sistema endocannabinoide y la corteza prefrontal aún se están desarrollando hasta que tenemos veintitantos años. Hasta esta edad, estas partes del cerebro son especialmente sensibles a los efectos de sustancias químicas como el alcohol, el cannabis y otras drogas [2].

### Figura 1

El área del cerebro de color amarillo en esta imagen se conoce como *corteza prefrontal*. Es el centro de mando del cerebro y es responsable de cosas como tomar decisiones, resolver problemas y controlar nuestro comportamiento (ilustrado por Madelyn Vedelago).

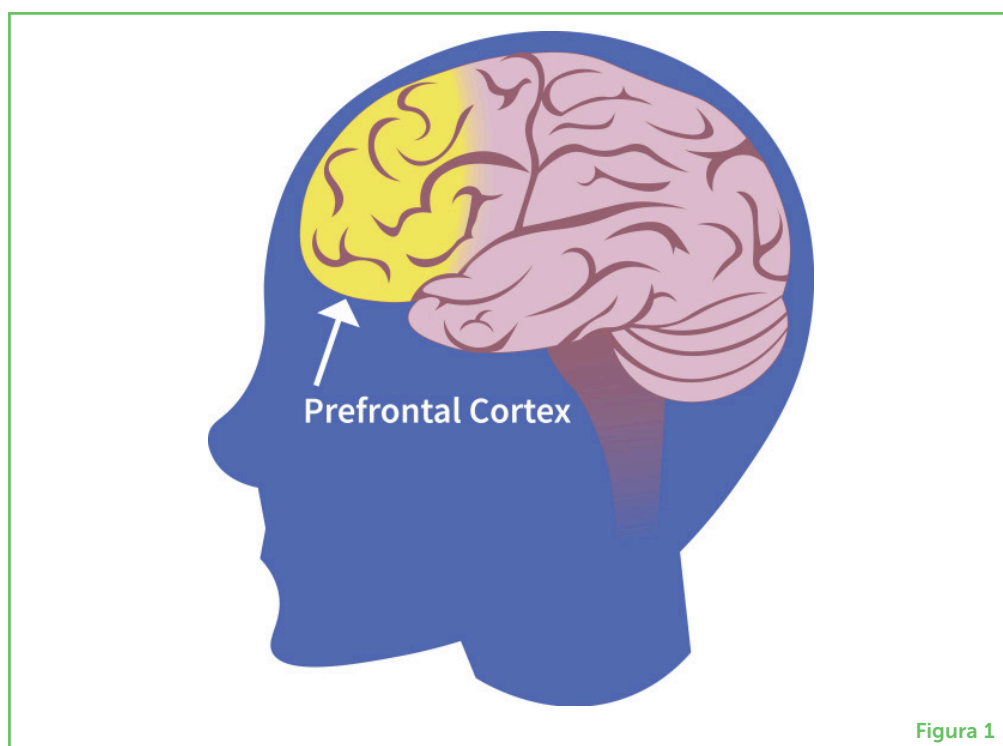


Figura 1

### PREGUNTA 1: ¿CUÁLES SON LOS EFECTOS A CORTO PLAZO DEL CANNABIS EN EL CEREBRO Y EL APRENDIZAJE? ¿CÓMO SABEN ESTO LOS INVESTIGADORES?

Los efectos a corto plazo del cannabis en el cerebro incluyen una variedad de consecuencias negativas que pueden afectar las calificaciones y el éxito escolar de los adolescentes (Figura 2). Los investigadores han descubierto que a los adolescentes que consumen cannabis no les va tan bien como a sus compañeros que no consumen cannabis en tareas que requieren atención, aprendizaje, memoria y tiempo de reacción [3]. Esto fue cierto incluso si los consumidores de cannabis dejaron de consumir durante 1 mes antes del experimento. Los adolescentes que comienzan a consumir cannabis a una edad más temprana (menores de 15 años) rinden aún peor en estas tareas en comparación con los que comienzan a consumir cannabis a una edad mayor [2]. Entonces, ¿qué está sucediendo en el cerebro para causar esta disminución del rendimiento?

## Figura 2

Los efectos negativos del consumo de cannabis durante la adolescencia. Dado que el cerebro aún se está desarrollando, ciertas habilidades necesarias para tener éxito en la escuela, como el pensamiento, la memoria, el aprendizaje y la atención, pueden verse afectadas negativamente por el uso de cannabis (ilustrado por Madelyn Vedelago).



Figura 2

Como se mencionó anteriormente, el sistema endocannabinoide en el cerebro aún se está desarrollando durante la adolescencia. Si bien su función en el cerebro aún no se comprende del todo, sabemos que el sistema endocannabinoide fortalece conexiones importantes y debilita las que no lo son en áreas del cerebro que son críticas para el aprendizaje y la memoria [2]. El consumo de cannabis mientras este sistema aún se está desarrollando puede explicar los problemas de pensamiento, atención y aprendizaje que se ven en los adolescentes que consumen cannabis [2].

Mediante imágenes de RM, los investigadores encontraron que un área específica de la corteza prefrontal era más pequeña en los adolescentes que consumían cannabis en gran medida en comparación con los adolescentes que no consumían cannabis [4].

El grupo de consumidores de cannabis también tendía a ser más impulsivo, es decir, hacer cosas sin pensar [4]. En una tarea de memoria, los consumidores de cannabis mostraron menor actividad en la corteza prefrontal, en comparación con los no usuarios [3]. En general, parece que el consumo de cannabis puede interferir tanto con el tamaño como con la actividad de la corteza prefrontal, que es muy importante para el aprendizaje.

## PREGUNTA 2: ¿CUÁLES SON LOS EFECTOS A LARGO PLAZO DEL CONSUMO DE CANNABIS EN EL ÉXITO ESCOLAR?

La investigación sugiere que las personas que consumen mucho cannabis en la adolescencia no llegan tan lejos en la escuela, es decir, tienen menos probabilidades de alcanzar niveles más altos de educación. Un estudio que observó a personas desde la adolescencia

hasta la edad adulta encontró que las personas que consumen cannabis en la adolescencia y continúan usándolo durante toda la vida tienden a permanecer en el colegio menos años que aquellos que no consumieron cannabis durante la adolescencia [5]. ¿Por qué podría ser este el caso? Se necesita más investigación para estar seguros de cómo el consumo de cannabis afecta el éxito escolar, pero es posible que los cambios en el cerebro que ocurren cuando se consume cannabis en la adolescencia puedan explicarlo. O bien, podría deberse a los efectos negativos a corto plazo del cannabis en la memoria, la atención y la motivación, lo que podría conducir a calificaciones más bajas en la escuela secundaria y menores posibilidades de ingresar a la universidad.

### **PREGUNTA 3: ¿SE PUEDEN REVERTIR LOS EFECTOS NEGATIVOS DEL CANNABIS SOBRE EL APRENDIZAJE?**

La buena noticia es que, debido a los rápidos cambios y la reorganización que ocurren en el cerebro adolescente, los adolescentes pueden recuperarse mejor de los efectos de toxinas como el alcohol, el cannabis y otras drogas.

Por ejemplo, los investigadores descubrieron que cuando los consumidores dejaron de usar la droga durante 3 meses, la mayoría de los problemas de la memoria, el aprendizaje y la atención regresaron a la normalidad [3].

### **CONCLUSIÓN**

En general, la investigación sugiere que el cannabis puede tener efectos negativos, especialmente cuando el consumo comienza en la adolescencia y la juventud. Sin embargo, los resultados de la investigación tampoco son claros en algunos estudios y aún se desconoce mucho, porque todavía no se han realizado suficientes investigaciones de buena calidad. Además, la mayor parte de la investigación que ya se ha realizado se centra en los vínculos (o correlaciones) entre el consumo de cannabis y las diferencias en el cerebro. Esto significa que aún no sabemos si el cannabis es la causa de estas diferencias, o si estas diferencias existían antes de que comenzara el consumo de cannabis. Si bien todavía tenemos mucho que aprender sobre los efectos del consumo de cannabis, la mayoría de los médicos, los investigadores y los gobiernos recomiendan no usarlo durante la adolescencia.

Si estás pensando en probar el cannabis, puede resultarte útil hacerte algunas preguntas:

- ¿Por qué quiero consumir cannabis? ¿Estoy tratando de escapar de algo o de encubrir un problema?
- ¿Cómo puedo saber si el cannabis está afectando mi capacidad para aprender o ir a la escuela? ¿Cómo reconocería si el consumo de cannabis se está convirtiendo en un problema para mí?
- ¿Con quién podría hablar o dónde podría encontrar ayuda si uno de mis amigos o yo comenzamos a tener problemas con el cannabis?

Tener en cuenta estas preguntas te ayudará a tomar las mejores decisiones para ti y tu cerebro en aprendizaje.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

LV, JH, CM, KG, y MA contribuyeron con la concepción y el diseño del manuscrito. LV redactó el primer borrador del manuscrito. Todos los autores contribuyeron a la revisión del manuscrito y leyeron y aprobaron la versión enviada.

## AGRADECIMIENTOS

Las ilustraciones fueron amablemente proporcionadas por Madelyn Vedelago. Los autores agradecen a Jane Jomy sus contribuciones a la revisión de la literatura para este artículo. Los autores reconocen y agradecen que el territorio en el que se completó este trabajo es el territorio tradicional de las naciones de Mississauga y Haudenosaunee, y dentro de las tierras protegidas por el acuerdo wampum “Dish With One Spoon”. Nos gustaría agradecer de todo corazón a quienes ayudaron en la traducción de los artículos de esta colección para hacerlos más accesibles a los niños fuera de los países de habla inglesa, y a la Fundación Jacobs por proporcionar los fondos necesarios para traducir los artículos.

## REFERENCIAS

1. Carliner, H., Brown, Q. L., Sarvet, A. L., and Hasin, D. S. 2017. Cannabis use, attitudes, and legal status in the U.S.: a review. *Prev. Med.* 104:13–23. doi: 10.1016/j.ypmed.2017.07.008
2. Fontes, M. A., Bolla, K. I., Cunha, P. J., Almeida, P. P., Jungerman, F., Laranjeira, R. R., et al. 2011. Cannabis use before age 15 and subsequent executive functioning. *Br. J. Psychiatry* 198:442–7. doi: 10.1192/bjp.bp.110.077479
3. Jacobus, J., Bava, S., Cohen-Zion, M., Mahmood, O., and Tapert, S. F. 2009. Functional consequences of marijuana use in adolescents. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 92:559–65. doi: 10.1016/j.pbb.2009.04.001
4. Churchwell, J. C., Lopez-Larson, M., and Yurgelun-Todd, D. A. 2010. Altered frontal cortical volume and decision making in adolescent cannabis users. *Front. Psychol.* 1:225. doi: 10.3389/fpsyg.2010.00225

5. Ryan, A. K. 2010. The lasting effects of marijuana use on education attainment in midlife. *Subst. Use Misuse* 45:554–97. doi: 10.3109/10826080802490238

**EDITOR:** Sabine Peters

**MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS:** Juan Castillo

**CITACIÓN:** Vedelago L, Halladay J, Munn C, Georgiades K y Amlung M (2023) Cannabis y el cerebro en aprendizaje. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00052-es

**TRADUCIDO Y ADAPTADO DE:** Vedelago L, Halladay J, Munn C, Georgiades K and Amlung M (2020) Cannabis and the Learning Brain. *Front. Young Minds* 8:52. doi: 10.3389/frym.2020.00052

**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2023 Vedelago, Halladay, Munn, Georgiades y Amlung. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

## JOVEN REVISOR

### GREESHMA, EDAD: 13

Mi nombre es Greeshma y tengo 13 años. Mis padres son ingenieros de software y mis materias favoritas en la escuela son matemáticas y ciencias. Fuera de la escuela, me encanta jugar al voleibol y participar en clubes de ciencias.



## AUTORES

### LANA VEDELAGO

Soy una estudiante de grado que estudia las adicciones y los problemas de salud mental relacionados. Me interesa mejorar la vida de las personas que luchan contra estos problemas. Cuando no estoy en el laboratorio, me pueden encontrar como voluntaria en el refugio de animales, bailando y haciendo punto de cruz. \*[vedelagl@mcmaster.ca](mailto:vedelagl@mcmaster.ca)





**JILLIAN HALLADAY**

Soy enfermera de salud mental e investigadora. Me interesa intentar averiguar cómo los jóvenes pueden tener éxito y ser felices mientras son jóvenes y cuando crecen. Gran parte de mi investigación se centra en si y cómo las sustancias (principalmente cannabis y alcohol) y los problemas de salud mental coexisten. ¡En mi tiempo libre, me gusta levantar pesas, jugar juegos de mesa y caminar!

**CATHARINE MUNN**

Soy médica (psiquiatra), educadora e investigadora enfocada en la salud mental y el uso de sustancias en estudiantes universitarios. Me gusta leer libros, hacer ejercicio, pasar tiempo al aire libre y estar con mi familia y amigos.

**KATHOLIKI GEORGIADES**

Soy profesora asociada en el Departamento de Psiquiatría y Neurociencias Conductuales en la Universidad McMaster. Mi investigación examina las disparidades sociales en la salud mental de los niños y el acceso a servicios y apoyos eficaces para la salud mental. En mi tiempo libre, disfruto pasando tiempo con mi familia y amigos y viajando de regreso a Grecia y Chipre.

**MICHAEL AMLUNG**

Soy profesor asistente de psiquiatría en la Universidad McMaster en Ontario, Canadá. Me interesa comprender las bases cerebrales del consumo de alcohol y drogas y cómo se relacionan con otros problemas de salud mental. Esperamos que nuestra investigación mejore los tratamientos para las personas que luchan contra las adicciones. Disfruto trabajando con mis estudiantes y colegas en muchos estudios de investigación interesantes utilizando escáneres cerebrales y otros tipos de tecnología. En mi tiempo libre, disfruto cocinando, viajando y pasando tiempo con mi familia.

**Spanish version provided by**

Versión en español por





## UNA BUENA NOCHE DE DESCANSO: NECESARIA PARA MENTES JÓVENES

M. Elisabeth Koopman-Verhoeff<sup>1,2,3</sup> y Jared M. Saletin<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Investigación del Sueño del Hospital EP Bradley, Escuela de Medicina Alpert de la Universidad Brown, Providence, RI, Estados Unidos

<sup>2</sup>Departamento de Psiquiatría y Comportamiento Humano, Escuela de Medicina Alpert de la Universidad Brown, Providence, RI, Estados Unidos

<sup>3</sup>Grupo de Estudio "The Generation R", Centro Médico Erasmo, Róterdam, Países Bajos

### JÓVENES REVISORES:



JACOB

EDAD: 12



ST. BERNARD  
REGIONAL  
CATHOLIC  
SCHOOL

EDADES: 11–14

Durante tu vida pasarás casi 250.000 horas durmiendo. ¿Por qué necesitamos dormir tanto? Dormir no solo es un descanso del día, sino que también es necesario para que tu cuerpo y tu cerebro estén sanos, especialmente a medida que creces. Por ejemplo, una buena noche de sueño te permite prestar atención y aprender al día siguiente. Cuándo y cuánto duermes cambiará a medida que envejeces. Entonces, ¿cómo sabes cuánto debes dormir o cuándo debes acostarte por la noche? Aquí compartiremos las respuestas a estas y otras preguntas. Hemos estudiado la ciencia del sueño y ahora entendemos un poco más sobre lo que hace tu cerebro durante la noche, es decir, mantenerte saludable, alerta y listo para la escuela y la diversión al día siguiente. Si lees esto justo antes de acostarte, seguro que obtendrás suficiente sueño esta noche.

De todas las cosas que haces, ¿cuál es la que más haces? ¡No es comer ni beber, es dormir! Pasamos un tercio de nuestras vidas durmiendo. Los científicos han trabajado durante décadas para comprender por qué dormimos. Mientras tu cuerpo permanece inmóvil en tu cama, tu cerebro está procesando la información del día para prepararte para mañana. Aquí, explicaremos el qué, cuándo, por qué y cómo dormir y cómo cambia a medida que creces.

## ¿CUÁNDO DUERMES?

Si preguntáramos, ¿Cuándo duermes? podrías decir, “¡de noche!” o “¡cuando estoy cansado!” Resulta que ambos son verdad. Los humanos prefieren dormir por la noche, lo que nos hace diurnos, a diferencia de los animales nocturnos, que duermen durante el día. Esta preferencia está programada. En la parte profunda de tu cerebro se encuentra el **núcleo supraquiasmático (NSQ)**. El NSQ es tu reloj biológico, indica la hora a cada parte de tu cuerpo. A ello lo llamamos el **ritmo circadiano** (circadiano en griego significa “aproximadamente un día”, porque el ritmo de dormir y despertarse se repite una vez cada 24h). Como cualquier reloj, el NSQ se puede reiniciar en función de cuándo vemos la luz del sol. Cuando viajamos, nuestros cuerpos se adaptan al nuevo patrón de luz. Esta es la razón por la que las personas que viajan de América del Norte a Australia pueden adaptarse a un nuevo patrón de sueño en un par de días.

Decir: “Duermo cuando estoy cansado” también es cierto. ¿Alguna vez has dormido una siesta en mitad del día? Hay otro sistema en el cerebro que realiza un seguimiento de cuánto tiempo has estado despierto y cuánto dormiste la noche anterior. A ello lo llamamos el **homeostato del sueño**. Homeostato suena como otra palabra, termostato. Al igual que un termostato enciende el aire acondicionado cuando hace demasiado calor y lo apaga cuando hace demasiado frío, el homeostato de sueño percibe cuánto tiempo has estado despierto. Tu necesidad de dormir crece a lo largo del día y, cuando llega a cierto punto, te duermes. Una vez que hayas descansado, el homeostato del sueño se apaga y te permite despertar, y el proceso se repite todos los días. Sin embargo, el homeostato del sueño no sabe si fuera es de día o de noche, solo si has estado despierto o dormido. Si permaneces despierto toda la noche, la necesidad de dormir seguirá aumentando a lo largo de la noche hasta que finalmente te duermas. Si no duermes una noche, es posible que estés muy cansado y te tomará más tiempo recuperar esa necesidad de sueño (al igual que el aire acondicionado tardaría más en enfriar una habitación donde hace mucho calor). El ritmo circadiano y el homeostato del sueño funcionan juntos en última instancia, por lo que puedes sentirte alerta a la mitad del día, incluso si no dormiste mucho la noche anterior, o de repente sentirte cansado por la noche, incluso si te despertaste tarde ese día.

### NÚCLEO SUPRAQUIASMÁTICO (NSQ)

Una pequeña región profunda en el cerebro que forma el “reloj biológico” y genera los ritmos circadianos.

### RITMOS CIRCADIANOS (CIRCADIAN RHYTHMS)

Una de las dos formas con las que sabemos cuándo dormir. El patrón natural de sueño y vigilia que se repite cada 24h en respuesta a la luz.

### HOMEOSTATO DEL SUEÑO (SLEEP HOMEOSTAT)

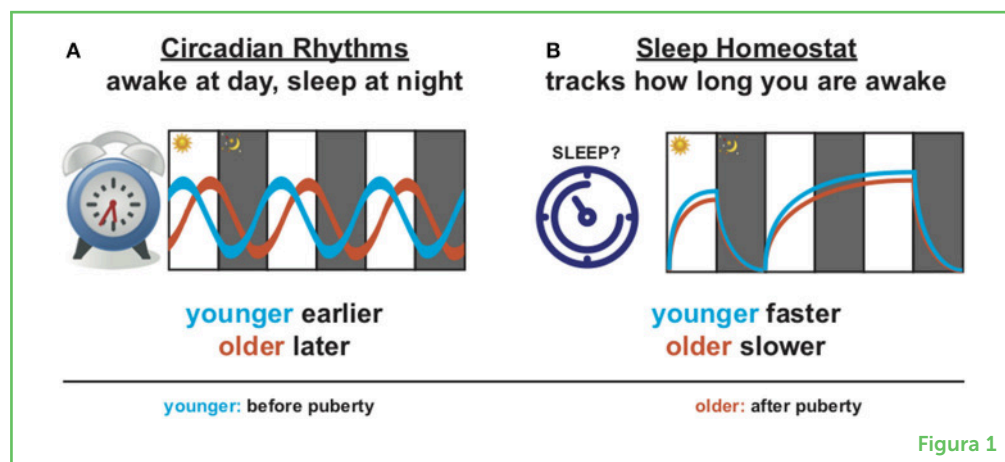
Una de las dos formas con las que sabemos cuándo dormir. La necesidad de dormir aumenta a medida que nos mantenemos despiertos y disminuye a medida que dormimos.

## ¿CÓMO CAMBIA TU SUEÑO A MEDIDA QUE ENVEJECES?

Piensa en tu propio sueño. Probablemente duermas de manera diferente ahora en comparación con cuando eras un bebé o un niño pequeño. El NSQ y el homeostato del sueño cambian a medida que crecemos (Figura 1). Cuando llegas a la pubertad, tu NSQ actúa como si cambiaras de zona horaria. Tu cuerpo quiere despertarse más tarde y acostarse más tarde. Finalmente, en algún momento de los veinte años, el NSQ comienza a retroceder nuevamente (Figura 1A).

### Figura 1

¿Por qué duermes cuando lo haces? En cada gráfico, el sueño de los niños más pequeños (6-13 años) se traza en azul y el de los niños mayores (14-17 años) en naranja. Las barras oscuras indican la noche; las barras claras indican el día. **(A)** Ritmos circadianos: el reloj biológico, organizado por el NSQ que nos mantiene despiertos durante el día y dormidos por la noche. Se ve afectado por la luz, tiene ciclos cada 24h y cambia durante la adolescencia. **(B)** Homeostato del sueño: el termostato para el sueño y la vigilia. Realiza un seguimiento de cuánto tiempo hemos estado despiertos. La necesidad de dormir aumenta a lo largo del día mientras permanecemos despiertos y disminuye durante la noche mientras dormimos. Si nos saltamos el sueño, el homeostato rastrea que estamos despiertos hasta que podamos volver a dormir. A medida que envejecemos, este proceso es más lento, lo que nos permite permanecer despiertos más tiempo antes de tener que dormir.



En cuanto al homeostato del sueño, durante la pubertad tu necesidad de dormir aumenta un poco más lentamente que cuando eras más pequeño. Dicho de otra manera, si recordamos el ejemplo del termostato, ha disminuido la velocidad con la que se calienta la habitación, de modo que el aire acondicionado tarda más en encenderse (Figura 1B). Como tanto el NSQ como el homeostato cambian durante la pubertad, es más fácil quedarse despierto hasta tarde.

## ¿CUÁNTO NECESITAS DORMIR?

La Fundación Nacional del Sueño recomienda que los niños en edad escolar (6-13 años) duerman entre 9 y 11 horas cada noche. Se recomienda que los adolescentes duerman entre 8 y 10 horas cada noche y los adultos entre 7 y 9 horas [1]. Si eres estudiante, especialmente en Estados Unidos, es posible que te resulte difícil dormir tanto en las noches escolares. A medida que pasas por la pubertad, tu cuerpo quiere irse a la cama más tarde y dormir más tarde. Pero la escuela (particularmente en los EE. UU.), ¡a menudo comienza demasiado temprano! Esto dificulta que los adolescentes duerman lo suficiente durante las noches escolares [2]. Cuando llega el fin de semana probablemente hayas perdido tanto sueño que te sientas particularmente somnoliento, y puede ser que duermas demasiado tiempo mientras tu homeostato del sueño trabaja duro para recuperar el sueño que necesita. Sin embargo, si duermes todo el fin de semana,

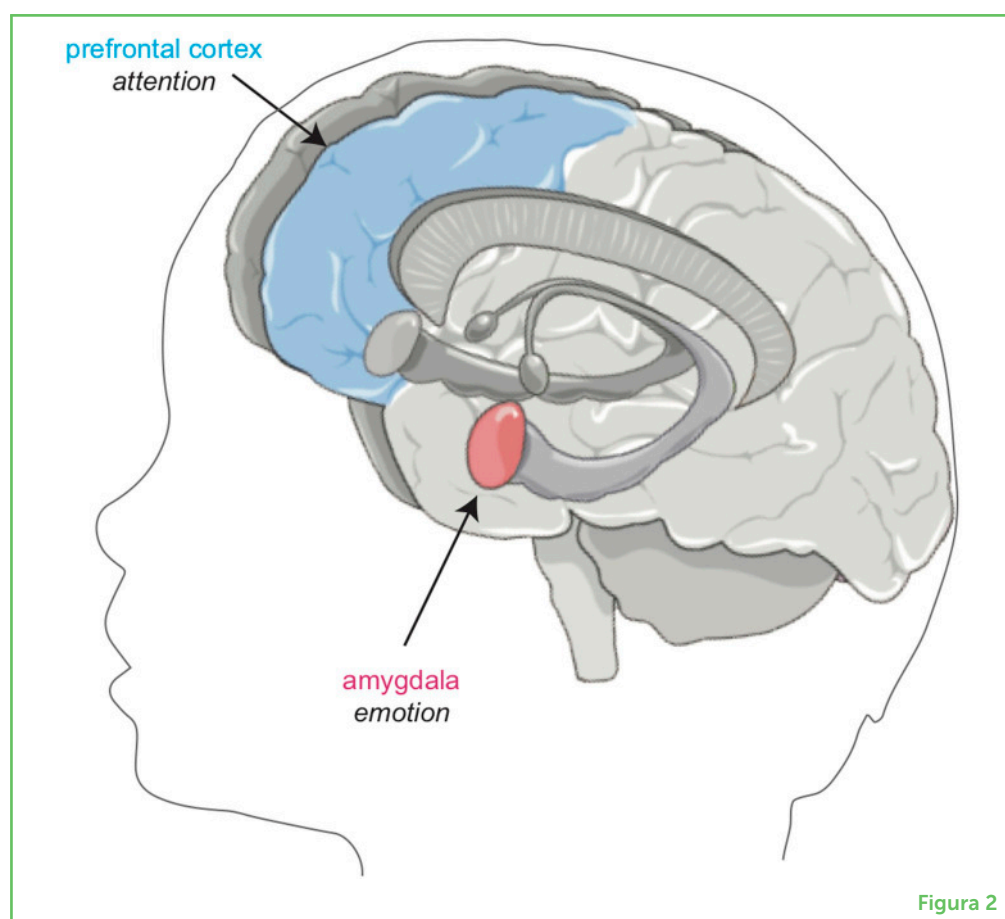
esto puede hacer que despertarte el lunes por la mañana sea muy duro.

## ¿POR QUÉ NECESITAS DORMIR?

El sueño es fundamental tanto para el cuerpo como para la mente. El metabolismo (la forma en la que digieres y usas los alimentos), el sistema inmune (qué tan rápido te recuperas de una enfermedad) y la condición física (cómo el ejercicio afecta el cuerpo) se benefician de una buena noche de sueño. Nos centraremos en un órgano de tu cuerpo: el cerebro. Todas las funciones de la mente dependen de las diferentes regiones del cerebro. Por ejemplo, tu cerebro controla tu capacidad para prestar atención (como mantenerse concentrado en clase), aprender y recordar (p. ej., al hacer un examen) y procesar emociones (como no ponerse demasiado gruñón si las cosas no salen como se quiere). Nos centraremos en la atención y la emoción, y en cómo les afecta el sueño (Figura 2).

**Figura 2**

Regiones del cerebro afectadas por el sueño. Una vista lateral del cerebro, como si se mirara desde el oído. Hay dos regiones que se ven afectadas por una buena noche de sueño y favorecen la salud del cerebro: la corteza prefrontal (azul) es fundamental para prestar atención en la escuela; y la amígdala (rosa) es un centro clave para regular las emociones y el estado de ánimo.



**Figura 2**

### LA CORTEZA PREFRONTAL

La parte frontal del cerebro, fundamental para prestar atención y planificar.

### Atención

¿Has intentado prestar atención en clase después de una mala noche de sueño? Es difícil. La última parte del cerebro en desarrollarse por completo, **la corteza prefrontal** (CPF), se encuentra en la parte frontal



### AMÍGDALA

Una pequeña región en el medio del cerebro responsable de procesar las emociones.

del cerebro. Esta región especial es fundamental para prestar atención, planificar y cambiar entre tareas. Si no duermes la noche anterior, o solo duermes un poco, la CPF no puede funcionar de manera eficaz al día siguiente [3], lo que dificulta la concentración. Si no duermes lo suficiente, estudiar por la noche también se vuelve difícil. Los estudiantes a menudo preguntan si es mejor irse a la cama o quedarse despierto hasta tarde para estudiar. Esperamos que a estas alturas puedas adivinar la respuesta correcta. ¡Los datos muestran que dormir es importante para las calificaciones! Una hora extra de sueño se asoció con una mejora de 3-5 puntos en las puntuaciones de las pruebas estandarizadas [4].

### Emoción

Después de una noche sin dormir bien, a menudo nos sentimos más irritables. El sueño está implicado en mantenerte feliz y controlar tus emociones. El sueño refresca directamente los centros emocionales de nuestro cerebro, como la **amígdala** [3]. Esto significa que no solo tu estado de ánimo es más estable después de una buena noche de sueño, sino que también puedes responder mejor a las cuestiones emocionales de la vida. Al mirar las caras de tus amigos, puedes saber si están enojados, tristes o felices. Sin embargo, cuando nos privamos de sueño, perdemos la capacidad de distinguir entre estas emociones. Una buena noche de sueño nos ayuda a procesar estas señales complicadas para que podamos detectar, procesar y reaccionar mejor ante las emociones.

## SUEÑO Y SALUD MENTAL EN LOS NIÑOS

Todos tenemos algunas malas noches de sueño que pueden afectarnos al día siguiente. La buena noticia es que restaurar hábitos de sueño saludables a menudo soluciona estos problemas de inmediato. Sin embargo, algunos niños pueden experimentar dificultades de sueño prolongadas que pueden afectar su salud mental a largo plazo. Debido a todas las formas en las que el sueño afecta el cerebro, los problemas del sueño y los problemas de salud mental [como el trastorno por déficit de atención/hiperactividad (TDAH), el autismo, la ansiedad o la depresión] a menudo van de la mano. Los niños y adolescentes que tienen dificultades con la salud mental también pueden experimentar problemas para conciliar el sueño o permanecer dormidos, o dificultad para despertarse. Todavía estamos trabajando para comprender la conexión entre el sueño y la salud mental y determinar si ayudar a los niños a dormir mejor puede ayudar a los niños con problemas de salud mental [5].

## ¿CÓMO PUEDES TENER UN SUEÑO SALUDABLE?

Esperamos que estés convencido que dormir es importante. Pero, ¿qué puedes hacer para dormir mejor?



El buen sueño comienza con buenos hábitos de sueño (Figura 3). Primero, vete a la cama aproximadamente a la misma hora cada noche para mantener el NSQ y el homeostato del sueño funcionando correctamente. En segundo lugar, crea una rutina para la hora de acostarte para que te sea más fácil irte a la cama, como leer un libro o atenuar las luces. En tercer lugar, trata de limitar la cantidad de tiempo frente a pantallas digitales justo antes de acostarte. Esto es por dos razones: (1) la luz de tus dispositivos puede engañar a tu NSQ haciéndole creer que todavía es de día, y (2) la emoción de los juegos, los programas de televisión e Internet pueden evitar que te tranquilices para dormir. Cuarto, mantén tu habitación simple, fresca, oscura y libre de distracciones como televisores y dispositivos (trata de no llevar tu teléfono a la cama). Quinto, cuando sea posible, trata de no hacer tus deberes en la cama; la cama es para dormir. Finalmente, trata de limitar la cafeína (refrescos, bebidas energéticas, café/té) durante el día y evita estas bebidas después de las 4 p.m. Básicamente, la cafeína engaña al homeostato del sueño, haciéndolo sentir menos somnoliento, pero sin disminuir la necesidad de dormir, lo cual no es útil cuando la escuela comienza a la hora habitual al día siguiente.

### Figura 3

Consejos para buenos hábitos de sueño. El buen sueño comienza con buenos hábitos de sueño. Trabajar en cada uno de estos consejos te ayudará a dormir lo mejor que puedas todas las noches y a sentirte descansado y listo para la escuela al día siguiente.

Sleep at the ... = Vete a la cama todas las noches a la misma hora,

Build a ... = Crea una rutina para la hora de acostarte,

Limit screen ... = Limita el tiempo frente a la pantalla por la noche,

Keep your bedroom ... = Mantén tu habitación fresca y oscura,

Do not do ... = No hagas los deberes en la cama,

Limit caffeine ... = Limita el consumo de cafeína después de las 4 p.m.,

Balance ... = Equilibra las tareas escolares y el sueño.



Figura 3

Hablando de la escuela, es importante que los maestros y directores comprendan que el sueño es fundamental para el aprendizaje y la salud. Los científicos están trabajando con las escuelas y los gobiernos para que la escuela comience más tarde para los adolescentes. Si sientes que la escuela comienza demasiado temprano como para que puedas dormir bien por la noche, menciónalo a los maestros o escribe una carta al alcalde, consejero o ministro. Diles por qué es importante que las escuelas ayuden a proteger la salud del sueño de todos.

## DORMIR: ¿PARA QUÉ SIRVE?

El sueño es uno de los predictores más fuertes de la salud, pero para nosotros es un misterio por qué dormimos. Esperamos que hayamos aclarado un poco el misterio y que tú, tus profesores, y tus padres puedan comprender mejor y aplicar el poder del sueño para apoyar el éxito en el aprendizaje, la salud emocional y la salud del cerebro. Ojalá duermas bien esta noche.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dra. Mary Carskadon y Chloë Bergmark por su útil orientación. Nos gustaría agradecer de todo corazón a quienes ayudaron en la traducción de los artículos de esta colección para hacerlos más accesibles a los niños fuera de los países de habla inglesa, y a la Fundación Jacobs por proporcionar los fondos necesarios para traducir los artículos. MK-V recibió el apoyo de la Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences de los Países Bajos (Beca KNAW Ter Meulen) y un premio Fulbright. JS recibió el apoyo de NIMH (K01MH109854), la Fundación Rhode Island y la Fundación Jacobs.

## REFERENCIAS

1. Hirshkowitz, M., Whiton, K., Albert, S. M., Alessi, C., Bruni, O., DonCarlos, L., et al. 2015. National Sleep Foundation's sleep time duration recommendations: methodology and results summary. *Sleep Health* 1:40–3. doi: 10.1016/j.sleh.2014.12.010
2. Crowley, S. J., Wolfson, A. R., Tarokh, L., and Carskadon, M. A. 2018. An update on adolescent sleep: new evidence informing the perfect storm model. *J. Adolesc.* 67:55–65. doi: 10.1016/j.adolescence.2018.06.001
3. Krause, A. J., Simon, E. B., Mander, B. A., Greer, S. M., Saletin, J. M., Goldstein-Piekarski, A. N., et al. 2017. The sleep-deprived human brain. *Nat. Rev. Neurosci.* 18:404–18. doi: 10.1038/nrn.2017.55
4. Dewald, J. F., Meijer, A. M., Oort, F. J., Kerkhof, G. A., and Bogels, S. M. 2010. The influence of sleep quality, sleep duration and sleepiness on school performance in children and adolescents: a meta-analytic review. *Sleep Med. Rev.* 14:179–89. doi: 10.1016/j.smrv.2009.10.004
5. Gregory, A. M., and Sadeh, A. 2016. Annual research review: sleep problems in childhood psychiatric disorders—a review of the latest science. *J. Child Psychol. Psychiatry* 57:296–317. doi: 10.1111/jcpp.12469

**EDITOR:** Nienke Van Atteveldt

**MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS:** Elizabeth Johnson y Paul Nealen

**CITACIÓN:** Koopman-Verhoeff ME y Saletín JM (2023) Una buena noche de descanso: Necesaria para mentes jóvenes. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00077-es

**TRADUCIDO Y ADAPTADO DE:** Koopman-Verhoeff ME and Saletín JM (2020) A Good Night's Sleep: Necessary For Young Minds. *Front. Young Minds* 8:77. doi: 10.3389/frym.2020.00077

**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2023 Koopman-Verhoeff y Saletín. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

## JÓVENES REVISORES

### JACOB, EDAD: 12

Hola, tengo 12 años. El sueño es la base de la vida, así que, niños, prestad atención a la clase. Soy un chico deportista. Practico deportes como el béisbol, el baloncesto y el fútbol, sobre todo americano. Amo leer. Me encanta la comida, al igual que a los demás 7,8 mil millones de personas en el mundo. Me gusta especialmente la comida asiática y estadounidense. Tengo dos hermanos, dos padres y, por suerte, soy gracioso... Tú también, así que sigue intentándolo.

### ST. BERNARD REGIONAL CATHOLIC SCHOOL, EDADES: 11–14

Grupo ecléctico de estudiantes de secundaria y futuros ingenieros, maestros, políticos, bailarines, músicos, médicos y fuerzas armadas. Disfrutamos haciendo preguntas e indagando sobre el mundo. Muchos de nosotros esperamos con ansias asignaciones y trabajos futuros que requieran creatividad y resolución de problemas. Mientras tanto, disfrutamos de nuestro profesor un poco tonto y con exceso de cafeína, e interrumpimos nuestras clases con comentarios ingeniosos y ruidos de animales. ¡Un equilibrio perfecto entre aprendizaje y diversión!

## AUTORES

### M. ELISABETH KOOPMAN-VERHOEFF

Elize es psicóloga e investigadora en el Departamento de Psiquiatría y Psicología de Niños y Adolescentes del Centro Médico Erasmus in Róterdam, Países Bajos. Estudia el sueño y la salud mental en el Generation R Study, un estudio que sigue el desarrollo de alrededor de 7.000 niños de Róterdam. En su tiempo libre, a Elize



le encanta caminar, leer muchos libros y cocinar para sus amigos y familiares. Dato curioso: le encanta acostarse temprano y levantarse antes de las 7 am (también los fines de semana).

**JARED M. SALETIN**

Jared es investigador del sueño y asistente de profesor de psiquiatría y comportamiento humano en la Universidad Brown en Providence, RI, Estados Unidos. Estudia cómo el sueño ayuda a los niños, adolescentes y sus cerebros a aprender y prestar atención. Espera que su investigación ayude a los jóvenes a tener éxito en la escuela después de una noche de sueño saludable. En su tiempo libre le gusta pasar tiempo con amigos, familia (y su gato), cocinar, viajar, jugar juegos de mesa e intentar hornear pan. \*[jared\\_saletin@brown.edu](mailto:jared_saletin@brown.edu)

**Spanish version provided by**

Versión en español por





## DE LA ZZZ A LA AAA: ¿POR QUÉ EL SUEÑO ES UNA PARTE IMPORTANTE DE TU PLAN DE ESTUDIOS?

Emma James<sup>1\*</sup>, Ann-Kathrin Joechner<sup>2\*</sup> y Beate E. Muehlroth<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Psicología, Universidad de York, York, Reino Unido

<sup>2</sup>Centro de Psicología del Ciclo Vital, Instituto Max Planck para el Desarrollo Humano, Berlín, Alemania

### JÓVENES REVISORES:



HATHAWAY  
BROWN  
SCHOOL

EDADES: 14–15



THE  
SCHOOL  
FOR  
SCIENCE  
AND MATH  
AT  
VANDERBILT

EDADES: 14–15

Todos dormimos. Mientras que los adultos pasan durmiendo cerca de una tercera parte de su tiempo, cuanto más joven eres, más duermes. Sin embargo, esto no significa que los niños y los adolescentes sean perezosos por pasar demasiado tiempo en la cama. De hecho, no dormir lo suficiente generalmente hace que las personas se sientan cansadas, sean menos eficientes y pierdan capacidad de concentración. No solo debes evitar estas consecuencias de dormir mal, sino que también debes priorizar el buen sueño. Un buen sueño restaura el cuerpo y el cerebro, y ofrece una oportunidad para que el cerebro se reorganice después de un día ajetreado. En este artículo, consideramos por qué el sueño es especialmente importante para ayudar a la memoria. La capacidad para aprender, recordar y perfeccionar tu cerebro es extraordinaria durante la niñez y la adolescencia, por lo que el sueño es particularmente importante en estas etapas. Explicamos los vínculos entre los cambios cerebrales y los trastornos del sueño cuando te haces mayor, y por qué el sueño debe ser una parte importante de tu plan de estudios.

A medida que se acerca un examen del colegio, parece que hubiera mucho que aprender en poco tiempo. Entonces, ¿por qué perderlo en la cama cuando podrías usarlo para estudiar?

Quedarse despierto hasta tarde para dedicar un tiempo extra a estudiar puede parecer una idea tentadora, pero dormir es vital para el cuerpo y el cerebro. Te mantiene saludable y recupera energía para que te sientas alerta y activo al día siguiente. El sueño también proporciona un tiempo para que el cerebro remodele y refine su estructura y sus funciones de acuerdo con tus necesidades y experiencias individuales. El sueño no solo es fundamental para el desarrollo general del cerebro, sino que también realiza un trabajo importante en la memoria. Los científicos han demostrado que las actividades del cerebro durante el sueño ayudan a guardar nuevos conocimientos en la memoria y a prepararse para nuevos aprendizajes al día siguiente. Esto significa que pasar tiempo dormido es mucho mejor que tratar de aprender todo en una noche como preparación para los exámenes. Dormir bien es importante durante toda la vida, pero lo es aún más en la infancia y la adolescencia, ya que en estos períodos permite remodelar el cerebro y mejorar la capacidad de aprendizaje.

## NEURONAS

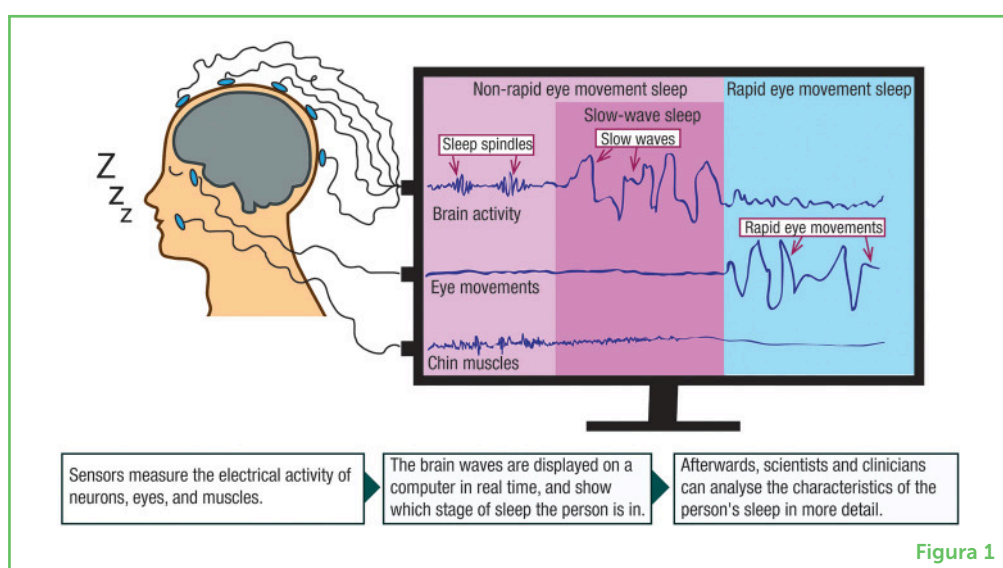
Diminutas células nerviosas del cerebro que almacenan y transfieren señales e información.

## Figura 1

Cómo medimos el sueño (izquierda). Medimos la actividad de las neuronas, de los ojos y de los músculos con pequeños sensores (derecha). La actividad se muestra en la pantalla de un ordenador en forma de líneas onduladas. En el sueño ligero no REM (zona rosada), detectamos husos del sueño en la actividad cerebral. En el sueño no REM más profundo, también conocido como sueño de ondas lentas, los músculos de la barbilla se relajan (la línea es más plana) y las curvas que representan la actividad cerebral son más lentas y grandes (ondas lentas). Durante el sueño REM (zona azul), la actividad muscular es la más baja, la actividad cerebral se acelera y los ojos comienzan a realizar movimientos rápidos en zigzag.

## EL CEREBRO DORMIDO

El cerebro dormido no siempre hace lo mismo. Una buena noche de sueño recorre distintas fases del sueño, las cuales están determinadas por los movimientos de los músculos y de los ojos, así como por la actividad de las pequeñas células nerviosas del cerebro (llamadas **neuronas**). Los científicos pueden medir esta actividad colocando pequeños sensores junto a los ojos, en la barbilla y en la cabeza de una persona mientras duerme (véase la **Figura 1**). A veces, las neuronas actúan de manera muy rápida y caótica, como cuando





## SUEÑO DE MOVIMIENTO OCULAR RÁPIDO (REM)

Fase del sueño en que los ojos se mueven rápidamente y los músculos están extremadamente relajados. A menudo se asocia con sueños vívidos.

## HUSOS DEL SUEÑO (SLEEP SPINDLES)

Períodos cortos de mayor actividad cerebral que, en nuestra opinión, ayudan a una comunicación eficaz entre las distintas partes del cerebro.

## SUEÑO DE ONDAS LENTAS (SLOW-WAVE SLEEP)

Fase más profunda del sueño no REM, durante la cual las neuronas del cerebro muestran una actividad rítmica lenta (ondas lentas). Se considera importante para almacenar recuerdos duraderos.

### Figura 2

Cómo cambia el sueño a lo largo de la vida. A mayor edad, menos sueño. Además, el equilibrio entre el sueño REM y no REM cambia durante la niñez y, a medida que los niños crecen, se dedica menos tiempo al sueño profundo no REM, conocido como sueño de ondas lentas. (Adaptado de Roffwarg et al. [1]. Reimpreso con autorización de AAAS).

el cerebro está despierto y ocupado. Este es el caso durante el **sueño de movimiento ocular rápido (REM)**, una fase del sueño en la que los ojos se mueven con gran rapidez, los músculos están extremadamente relajados y el cerebro participa en sueños muy vívidos. Las otras fases del sueño se denominan juntas como sueño de movimientos oculares no rápidos (no REM). Durante el sueño ligero no REM, se observan breves ráfagas de actividad cerebral llamadas **husos del sueño** (véase la **Figura 1**). Durante el sueño profundo no REM, las neuronas del cerebro muestran una actividad rítmica lenta similar a olas gigantes del océano (**Figura 1**), llamadas ondas lentas. Por ello, el sueño profundo no REM a menudo se denomina **sueño de ondas lentas**. Tanto los husos del sueño como las ondas lentas son especialistas en remodelar el cerebro, lo que significa que cuanto más presentes estén, más se está formando el cerebro.

## EL CEREBRO EN RECONSTRUCCIÓN

Cuando eras un recién nacido, pasabas más tiempo dormido que despierto. Pero con la edad, el tiempo de sueño va disminuyendo. No es solo la cantidad de sueño lo que cambia durante el desarrollo, sino también, lo que es aún más importante, el equilibrio entre las distintas fases del sueño. En general, con los años, el sueño de ondas lentas es cada vez menor, mientras que la proporción de sueño ligero no REM aumenta (**Figura 2**). Los científicos creen que estos cambios en el sueño proporcionan información sobre la capacidad del cerebro para reconstruirse.

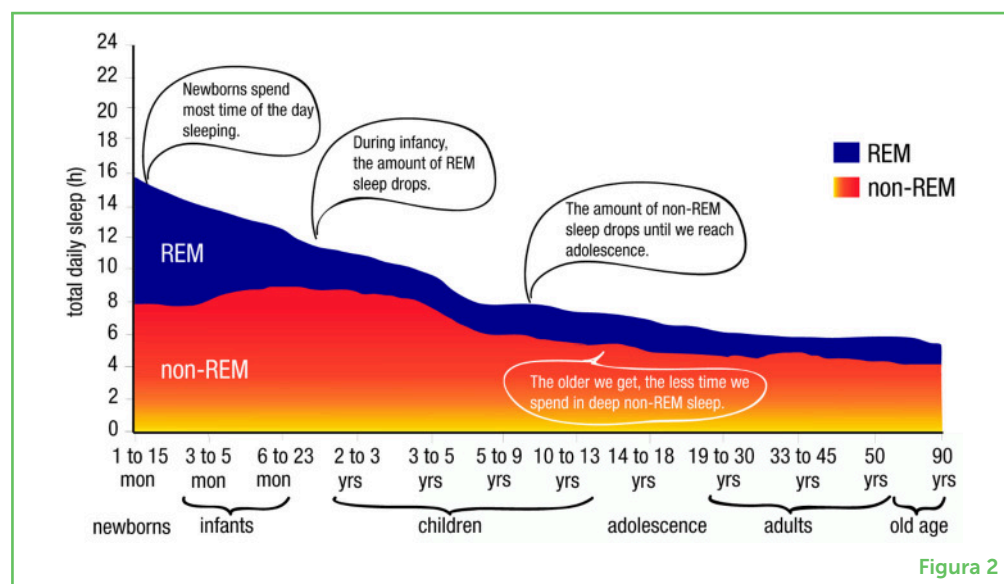


Figura 2

Entre la infancia y la adolescencia, tu cerebro se somete a una importante reorganización y optimización para hacer frente a las necesidades y experiencias diarias. Se crean nuevas conexiones entre

## NEOCORTEZA (NEOCORTEX)

Capas externas del cerebro que se cree que almacenan conocimientos a largo plazo.

las células cerebrales, se eliminan las conexiones que no necesitas y se acelera la comunicación de información a lo largo de vías neuronales importantes. Fundamentalmente, cuando una parte específica del cerebro está en reconstrucción, las neuronas de esa región muestran una actividad rítmica más lenta durante el sueño de ondas lentas. Por ejemplo, científicos de Suiza registraron el sueño de cuarenta niños y jóvenes y midieron su rendimiento en determinadas tareas [2]. Curiosamente, descubrieron que las ondas lentas del sueño eran más potentes en la región del cerebro responsable de las habilidades que los participantes estaban aprendiendo durante cada edad, y las ondas lentas de esas regiones del cerebro se debilitaban una vez que la habilidad se desarrollaba mejor. Por ejemplo, al final de la niñez, cuando los niños saben perfectamente realizar movimientos complejos, como andar en bicicleta, tal vez incluso sin manos, las ondas lentas eran más intensas en la región del cerebro encargada de realizar movimientos. Los científicos también observaron esta optimización en la estructura del cerebro cuando los participantes entraron en el escáner cerebral. La capa externa del cerebro, la **neocorteza**, era más delgada en estas regiones, lo que reflejaba el “fino ajuste” del cerebro para realizar tareas de manera más eficiente. Estas relaciones entre ondas lentas, habilidades y estructura cerebral llevan a los investigadores a pensar que observar los ritmos lentos durante el sueño podría ayudarnos a aprender cómo se está desarrollando el cerebro.

A diferencia de las ondas lentas, que disminuyen a medida que el cerebro madura, los husos del sueño que caracterizan el sueño ligero no REM se vuelven más numerosos y rápidos durante la niñez y la adolescencia. Algunos científicos piensan que la aceleración de los husos del sueño en la niñez y la adolescencia refleja una comunicación más rápida y eficiente entre diferentes partes del cerebro. En uno de nuestros estudios, descubrimos que los niños que mostraban los mayores aumentos del número de husos durante un período de siete años realizaban mejor las pruebas de capacidad mental general entre los catorce y los dieciocho años [3]. Lamentablemente, todavía no sabemos exactamente qué rol desempeñan los husos en el desarrollo del cerebro. Es un área muy interesante que los científicos aún tratan de comprender.

## VÍSTEME DESPACIO QUE TENGO PRISA

Observar el sueño nos permite comprender cómo cambia el cerebro a medida que los niños crecen y aprenden nuevas habilidades, como andar en bicicleta. Sin embargo, el sueño realiza otra tarea importante: ayuda a formar recuerdos duraderos de nuevos hechos, como la información que aprendes en el colegio.

Muchos experimentos han demostrado que dormir puede ayudarte a recordar las cosas nuevas que aprendes. Algunos estudios han

demostrado incluso que los recuerdos pueden mejorar con el sueño, ¡sin necesidad de estudiar más! Por ejemplo, los investigadores de la Universidad de York enseñaron a niños de siete a doce años nuevas palabras por la mañana o por la noche [4]. Cuando los investigadores evaluaron la memoria de los niños doce horas después, aquellos que habían estudiado por la noche y luego se habían ido a dormir podían recordar más palabras que los niños que habían permanecido despiertos todo el día. De hecho, recordaban más palabras que antes de irse a dormir. ¿Cómo puede ser eso?

Los científicos creen que el cerebro tiene dos sistemas de aprendizaje distintos, uno rápido y otro lento. Estos dos sistemas pueden compararse con la tortuga y la liebre de la fábula. En el cuento, la liebre sale muy rápida en su carrera contra la tortuga. Satisfecha con su avance y segura de ganar, se echa una siesta a mitad de camino, que permite a la tortuga, lenta pero firme, adelantarla y ganar la carrera. En el cerebro, un sistema de aprendizaje funciona como la liebre, ya que te ayuda a aprender nueva información muy rápidamente durante el día y le da a la información una ventaja en la memoria. Sin embargo, el segundo sistema de aprendizaje es mucho más lento y sabio, como la tortuga, y vincula cuidadosamente la nueva información con cosas que ya sabemos. Este sistema de aprendizaje más lento gana a largo plazo y te ayuda a recordar nueva información en el futuro. Como en el cuento, el sistema de memoria de la "tortuga" toma el relevo cuando le das a tu cerebro la oportunidad de dormir.

## HIPOCAMPO

Estructura cerebral del interior del cerebro que ayuda a aprender rápidamente nueva información.

Los estudios muestran que una región profunda del cerebro (el **hipocampo**) tiene ventaja en el aprendizaje, como la liebre, mientras que las capas externas del cerebro (la neocorteza) actúan como la tortuga (véase **Figura 3**). Durante el sueño de ondas lentas, el hipocampo veloz repite la información que ha aprendido durante el día y la comunica a la neocorteza de aprendizaje lento. Muchos científicos piensan que el cerebro desarrolla una secuencia muy específica de ondas lentas, husos del sueño y ondas muy rápidas en el hipocampo, que permiten que los dos sistemas de aprendizaje se comuniquen entre sí. Esta comunicación fortalece los recuerdos frágiles a largo plazo y los vincula con conocimientos más antiguos ya almacenados en la neocorteza [5]. En Bélgica, unos científicos demostraron que este proceso de fortalecimiento de la memoria puede ocurrir incluso durante la siesta [6]. Enseñaron a niños de ocho a doce años algunos significados "mágicos" para objetos inventados (por ejemplo, un objeto podía ver a través de las puertas, otro objeto detenía la lluvia), y luego probaron la memoria para estas asociaciones mientras medían la actividad del cerebro. Inmediatamente después de aprender, el hipocampo respondió a los significados aprendidos. A continuación, la mitad de los niños se echó una siesta de noventa minutos, mientras que la otra mitad permaneció despierta. En una segunda prueba de memoria, solo los niños que habían dormido mostraron mayor actividad cerebral en la neocorteza al recordar los significados.

### Figura 3

Cómo el sueño lento ayuda a la memoria. El hipocampo (marrón), una pequeña estructura profunda del cerebro, es el sistema de aprendizaje rápido que ayuda a adquirir rápidamente nuevos conocimientos. Para asegurarse de que estos nuevos recuerdos se almacenen de forma segura en el cerebro, el hipocampo los comunica con la neocorteza de aprendizaje lento, las capas externas del cerebro (verde), durante el sueño. Al representar una secuencia de ondas lentas (línea verde), husos del sueño (línea rosa) y ondas rápidas (línea marrón), las dos regiones se comunican entre sí, lo que permite que la nueva información se fortalezca y se vincule a conocimientos más antiguos ya presentes.

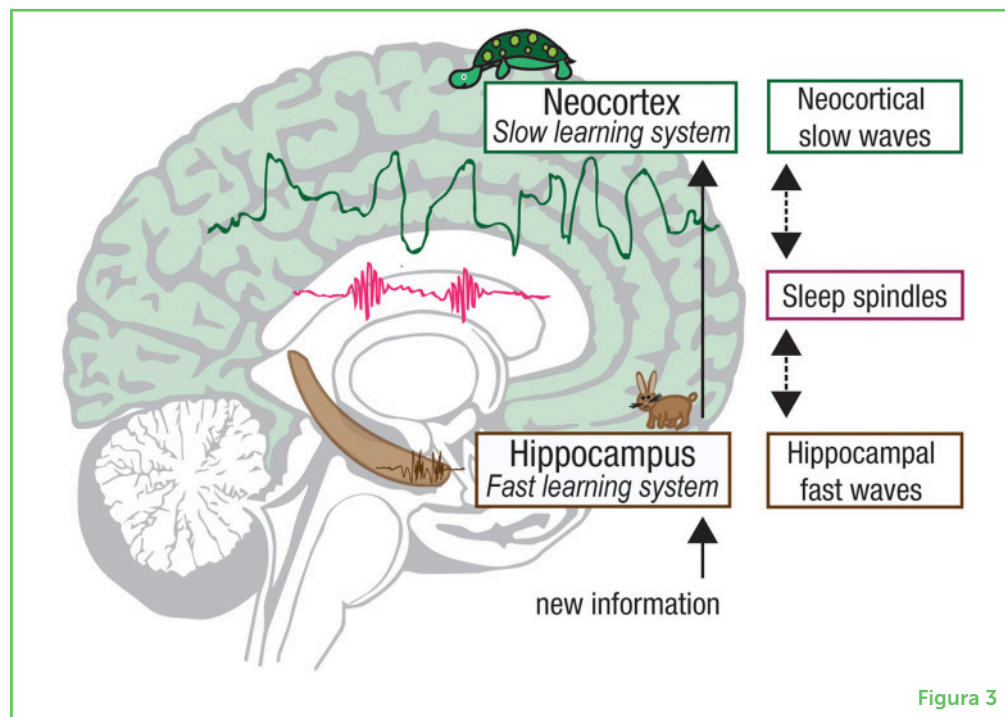


Figura 3

Por tanto, incluso después de una pequeña siesta, el lento sistema de tortuga puede ganar la carrera de la memoria.

## ASÍ QUE... DUERME BIEN Y DESPIERTA BRILLANTE

Ahora sabes que dormir no es definitivamente una pérdida de tiempo. Más bien, el sueño permite garantizar la calidad de tus recuerdos y su durabilidad. El sueño es esencial para que tu cerebro se reorganice a medida que crece y experimenta el mundo, y para ayudarlo a recordar todas las cosas nuevas que aprendes. A la larga, los niños que duermen más rinden mejor en el colegio e incluso obtienen mejores notas en los exámenes que los niños que se quedan despiertos hasta tarde para estudiar más [7]. Por lo tanto, asegúrate de que el sueño es una parte importante de tu plan de estudios y deja que tu cerebro haga el trabajo duro durante la noche mientras descansas.

## AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer de todo corazón a quienes ayudaron en la traducción de los artículos de esta colección para hacerlos más accesibles a los niños fuera de los países de habla inglesa, y a la Fundación Jacobs por proporcionar los fondos necesarios para traducir los artículos. EJ fue ayudada por ESRC Fellowship ES/T007524/1. BM y A-KJ recibieron el apoyo del proyecto "Lifespan Rhythms of Memory and Cognition (RHYME)" del Centro de Psicología para el Ciclo Vital, Instituto Max Planck para el Desarrollo Humano, Berlín, Alemania. A-KJ es miembro de la International Max Planck

Research School en el curso Life (LIFE; <https://www.imprs-life.mpg.de/en>).

## REFERENCIAS

1. Roffwarg, H. P., Muzio J. N., and Dement W. C. 1966. Ontogenetic development of the human sleep-dream cycle. *Science* 152:608.
2. Kurth, S., Ringli, M., LeBourgeois, M. K., Geiger, A., Buchmann, A., Jenni, O. G., et al. 2012. Mapping the electrophysiological marker of sleep depth reveals skill maturation in children and adolescents. *Neuroimage* 63:959–65. doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.03.053
3. Hahn, M., Joechner, A.-K., Roell, J., Schabus, M., Heib, D. P., Gruber, G., et al. 2019. Developmental changes of sleep spindles and their impact on sleep-dependent memory consolidation and general cognitive abilities: a longitudinal approach. *Dev. Sci.* 22:e12706. doi: 10.1111/desc.12706
4. Henderson, L. M., Weighall, A. R., Brown, H., and Gaskell, M. G. 2012. Consolidation of vocabulary is associated with sleep in children. *Dev. Sci.* 15:674–87. doi: 10.1111/j.1467-7687.2012.01172.x
5. Wilhelm, I., Prehn-Kristensen, A., and Born, J. 2012. Sleep-dependent memory consolidation—what can be learnt from children? *Neurosci. Biobehav. Rev.* 36:1718–28. doi: 10.1016/j.neubiorev.2012.03.002
6. Urbain, C., De Tiège, X., De Beeck, M. O., Bourguignon, M., Wens, V., Verheulpen, D., et al. 2016. Sleep in children triggers rapid reorganization of memory-related brain processes. *Neuroimage* 134:213–22. doi: 10.1016/j.neuroimage.2016.03.055
7. Gillen-O'Neel, C., Huynh, V. W., and Fuligni, A. J. 2013. To study or to sleep? The academic costs of extra studying at the expense of sleep. *Child Dev.* 84:133–42. doi: 10.1111/j.1467-8624.2012.01834.x

**EDITOR:** Nienke Van Atteveldt

**MENTORES/AS CIENTÍFICOS/AS:** Menton Deweese y Crystal Miller

**CITACIÓN:** James E, Joechner A-K y Muehlroth BE (2023) De la ZZZ a la AAA: ¿Por qué el sueño es una parte importante de tu plan de estudios?. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00051-es

**TRADUCIDO Y ADAPTADO DE:** James E, Joechner A-K and Muehlroth BE (2020) From ZZZS to AAAS: Why Sleep Is an Important Part of Your Study Schedule. *Front. Young Minds* 8:51. doi: 10.3389/frym.2020.00051

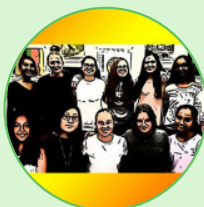
**CONFLICTO DE INTERESES:** Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

**COPYRIGHT** © 2020 © 2023 James, Joechner y Muehlroth. Este es un artículo de acceso abierto distribuido en virtud de los términos de la licencia [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). Se permite el uso, la distribución o la reproducción en otros foros, siempre que se mencione al/los autor/es original/es y al/los



propietario/s de los derechos de autor y que se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite el uso, la distribución o la reproducción que incumpla estas condiciones.

## JÓVENES REVISORES



### HATHAWAY BROWN SCHOOL, EDADES: 14–15

Somos estudiantes del Programa de Investigación Científica e Ingeniería de la Hathaway Brown School. Disfrutamos aprendiendo sobre el proceso de revisión por pares, descubriendo cómo comunicar la ciencia a audiencias distintas y ofreciendo nuestras sugerencias. Nos ayuda nuestra mentora científica, Crystal Miller.



### THE SCHOOL FOR SCIENCE AND MATH AT VANDERBILT, EDADES: 14–15

Somos una clase de estudiantes de todo Nashville, que se reúne una vez a la semana en Vanderbilt para aprender más sobre ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Realizamos experimentos en nuestra aula y en los laboratorios del campus.

## AUTORES



### EMMA JAMES

Cuando se acercaban los exámenes escolares, insistía a mis padres en que no había estudiado lo suficiente como para acostarme temprano. Odio admitirlo, pero mi investigación me ha enseñado que mis padres tenían razón: me sorprende lo que el sueño hace por la memoria. Estoy particularmente interesada en cómo el sueño nos ayuda a aprender nuevas palabras y por qué algunos niños encuentran este aprendizaje más difícil que otros. Trabajo en la Universidad de York (Reino Unido), pero también he vivido en Bristol, Oxford, Lancaster, Londres y Estados Unidos. En mi tiempo libre, me gusta correr, cocinar y tocar el piano.

\*[emma.james@york.ac.uk](mailto:emma.james@york.ac.uk)



### ANN-KATHRIN JOECHNER

Me encanta dormir, no solo porque personalmente me gusta dormir, sino porque creo que es asombroso lo activo que está el cerebro durante un tiempo en el que parecemos inactivos y no tenemos experiencia consciente. Desde que era estudiante en la universidad, me fascina cómo el sueño ayuda al cerebro a reestructurarse y, por lo tanto, a retener nuevos recuerdos. Desde entonces he intentado comprenderlo. Dado que la niñez es una época de cambios cerebrales y cognitivos de gran relevancia, estoy especialmente interesada en cómo el sueño ayuda a la memoria durante la niñez y cómo el desarrollo del cerebro está relacionado con ello. \*[joechner@mpib-berlin.mpg.de](mailto:joechner@mpib-berlin.mpg.de)



**BEATE E. MUEHLROTH**

Cuando tenía seis años, ganaba a mis padres al juego de hacer parejas. Por supuesto, en ese momento no sabía lo especial que es el cerebro de un niño. En mi investigación, quiero averiguar qué hace el cerebro cuando estamos aprendiendo y recordando y cómo el sueño ayuda a estas tareas. La mayoría de las veces, intento comprender si el mal sueño, como el de nuestros abuelos, podría explicar por qué las personas mayores olvidan más lo que han aprendido durante el día.

\*[beatemuehlroth@gmail.com](mailto:beatemuehlroth@gmail.com)

**Spanish version provided by**

Versión en español por



---

## Contáctanos

kids@frontiersin.org  
kids.hebrew@frontiersin.org  
kids.arabic@frontiersin.org  
kids.chinese@frontiersin.org

---

## Redes Sociales

🐦 @FrontYoungMinds  
📘 @FrontiersForYoungMinds  
📺 @frontiersyoungminds  
#frontiersforyoungminds

