

10 ideas clave

Neurociencia y educación

Aportaciones para el aula

Anna Carballo Márquez
Marta Portero Tresserra

facebook.com/gabriel.garciajgarcia.9256

27  GRAÓ

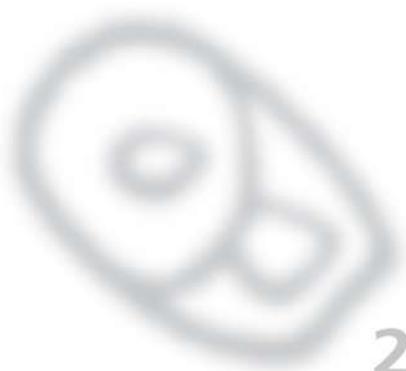
10 ideas clave

**Neurociencia y educación
Aportaciones para el aula**

10 ideas clave
**Neurociencia
y educación**

Aportaciones para el aula

**Anna Carballo Márquez
Marta Portero Tresserra**



27  **GRAÓ**

Colección Ideas Clave
Director de la colección: Antoni Zabala

Serie Fundamentos de la educación / Didáctica

© Anna Carballo Márquez, Marta Portero Tresserra

© de esta edición: Editorial GRAÓ, de IRIF, S.L.
C/ Hurtado, 29. 08022 Barcelona
www.grao.com

1.^a edición: mayo 2018
ISBN: 978-84-9980-854-3

Diseño: Maria Tortajada Carenys

Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de ésta por cualquier medio, tanto si es eléctrico como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización escrita de los titulares del *copyright*. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra (www.conlicencia.com, 917 021 970 / 932 720 447).

Índice

Prólogo, DAVID BUENO.

Introducción

10 preguntas sobre las aportaciones neurocientíficas al campo educativo y 10 ideas clave para responderlas

1 ¿Qué es y qué no es la neurociencia educativa?

¿Qué es la neurociencia educativa?

- ¿Para ser un buen docente necesito conocer el funcionamiento del cerebro?
- ¿Podemos hablar de programas neuroeducativos?
- Aporte científico. La neurofilia

En la práctica

- Neuromitos

2 ¿Es importante conocer cómo funciona y aprende el cerebro para el diseño de metodologías pedagógicas?

Aprendizaje y memoria

- ¿Cuáles son los cambios neurobiológicos que sustentan el aprendizaje y la memoria?
- ¿Funcionan ambos hemisferios cerebrales de formas distintas?

- Aporte científico. El aprendizaje activo

En la práctica

- Aprendizaje globalizado

3 ¿Qué factor es más importante en el desarrollo de los niños y niñas y sus capacidades, la herencia o el ambiente?

Herencia frente a ambiente

- ¿Ambientes enriquecidos o sobreestimulación?

- Cerebro y estrés
- Aporte científico. Epigenética: cómo el ambiente modifica la expresión de nuestros genes.

En la práctica

- *Mindfulness* en el aula

4 **¿Por qué es importante conocer las etapas madurativas del cerebro humano?**

Inmadurez cerebral

- Etapas del neurodesarrollo
- Períodos sensibles
- El cerebro adolescente
- Aporte científico. Conductas de riesgo y cognición social en la adolescencia

En la práctica

- Implicaciones pedagógicas para la educación secundaria

5 **¿Nuestra alimentación puede influir en los procesos de aprendizaje y memoria?**

Mens sana in corpore sano

- Alimentación neuroprotectora
- Alimentación neuroopresora
- El chocolate: ¿es igual de sano que placentero?
- ¿Cuánta agua se debe consumir para estar bien hidratados?
- Aporte científico. La importancia del desayuno

En la práctica

- Propuesta de desayuno neurosaludable

6 **¿Cómo intervienen los procesos atencionales en el aprendizaje?**

¿Qué entendemos por atención?

- Construcción de la realidad
- Aporte científico. TDAH: ¿realidad o ficción?

En la práctica

- El efecto Pigmalión

7 **¿Es verdad que solamente aprendemos aquello que nos emociona?**

¿Qué son las emociones?

- Aprendizaje, memoria y emociones
- Inteligencia emocional y autorregulación
- ¿Cómo podemos generar un buen clima de aula?

8 **¿Está nuestro cerebro diseñado para el aprendizaje cooperativo?**

El diseño social de nuestro cerebro

- Sustrato cerebral del comportamiento social
- Aprender con y de los demás
- Aporte científico. Comportamientos altruistas en niñas y niños pequeños

En la práctica

- Trabajo cooperativo y coevaluación

9 **¿Qué importancia tiene el desarrollo de las funciones ejecutivas en el contexto educativo?**

¿Qué son las funciones ejecutivas?

- Funciones ejecutivas en la práctica de aula
- Funciones ejecutivas y creatividad
- Aporte científico. El cerebro creativo

En la práctica

- Preguntas productivas y habilidades de pensamiento

10 **¿Es importante el contacto con espacios naturales para el desarrollo del cerebro y los procesos de aprendizaje?**

¿Los espacios pueden educar a nuestro alumnado?

- Naturaleza y aprendizaje
- Aporte científico. Beneficios del contacto con la naturaleza

En la práctica

- Naturalizar el patio

Para saber más

Glosario

Referencias bibliográficas

Prólogo

David Bueno

Especialista en genética del desarrollo y neurociencia
Facultad de Biología. Universidad de Barcelona

Cuando era pequeño, me encantaba jugar con plastilina. Me fascinaba ver cómo iban surgiendo formas increíbles entre mis dedos a partir de un bloque homogéneo y rectangular, y cómo los colores se combinaban al mezclarlos. Me sorprendía la maleabilidad de este material, su textura cálida y suave, aunque no conociese ni usase todavía algunas de estas palabras. No era demasiado hábil, debo reconocerlo, y el producto final raras veces se asemejaba a lo que había imaginado. Pero esto era, para mí, parte del encanto: la sorpresa por lo que iba a surgir. Por eso me sentí honrado cuando Marta Portero y Anna Carballo, las autoras de este libro que tienen entre las manos, me pidieron que escribiese el prólogo. «¿Qué tiene que ver la plastilina con este libro?», se deben de estar preguntando. Nada, absolutamente nada. O todo, absolutamente todo, según cómo se mire.

El cerebro no es un bloque de plastilina, pero sus conexiones son también extremadamente maleables, y en ellas reside nuestra vida mental. Es también cálido y suave al tacto, y, como me sucedía al jugar con plastilina, tampoco resulta nada fácil predecir de buen comienzo cuál va a ser el producto final de la educación, que lo modela y contribuye al establecimiento de nuevas conexiones (las mutila, según cómo se ejerza). El cerebro es complejo y no cesa nunca de cambiar, y la educación es amplísima, puesto que se produce tanto dentro de las aulas como fuera de ellas, en el seno de las familias y en la sociedad. Y afecta a cada persona de manera ligeramente diferente, según cómo se haya ido formando su cerebro hasta ese momento, cómo se haya ido forjando el carácter en función de una miríada de predisposiciones genéticas, sutiles pero cuantificables, y según las experiencias que haya vivido esa persona, incluidos los imponderables con que la vida nos sorprende.

De lo que no tengo ninguna duda es de que lo que más me sorprende del cerebro es que no deja de sorprenderme. Llevo trabajando e investigando sobre aspectos puntuales y diversos del cerebro casi toda mi carrera como científico, y jamás ha dejado de sorprenderme, ni un solo día. Hace un par de décadas, diversos avances técnicos permitieron analizar el cerebro de forma precisa y no invasiva, y desde entonces las evidencias científicas sobre la importancia crucial de la educación en su construcción no han dejado de acumularse, hasta alcanzar un paquete de conocimientos que, por primera vez, podemos usar en nuestras prácticas educativas.

No se confundan. No sabemos todo lo que hay que saber, ni mucho menos, pero hemos empezado a establecer las bases de qué significa aprender para el cerebro o, dicho de otro modo, qué es lo que el cerebro quiere aprender y cómo prefiere hacerlo. Aspectos como la importancia de las emociones, el significado del juego o las particularidades cerebrales de cada etapa de desarrollo nos están sirviendo para optimizar las estrategias educativas, en beneficio de nuestros alumnos y alumnas y, por extensión, de la sociedad en general – puesto que el alumnado que tenemos ahora va a ser el pilar de la sociedad futura.

Tampoco nos debe confundir el prefijo *neuro*. La neurociencia está de moda, lo que hace que, muy a menudo, se use combinada con otros términos: neuroética, neuroeconomía, neurolingüística, neuroarte..., por citar solo algunos ejemplos. Y eso porque a nadie se le ha ocurrido todavía hablar de neurocerebro, lo que sería una redundancia tal vez demasiado evidente. Lo que sí es cierto es que esta neuromoda –si se me permite la expresión– ha llevado a la diseminación de muchos neuromitos –seguimos con el prefijo *neuro*–, mitos no demostrados científicamente sobre el cerebro y sus capacidades, o directamente descartados en investigaciones científicas, pero que a pesar de ello se siguen oyendo a menudo.

Finalmente, tampoco debe confundirnos el papel que juega la neurociencia en el mundo de la educación. No ha venido para suplir a la pedagogía, sino para aportar nuevos datos que permitan optimizar todavía más las estrategias pedagógicas que usamos con nuestros alumnos y alumnas. Y, lo que es igualmente importante,

para que podamos comprender por qué determinadas estrategias pedagógicas funcionan y otras no, o qué consecuencias van a tener a largo término sobre el cerebro de nuestro alumnado. Porque, con nuestra práctica diaria en el aula, incluso con el ejemplo que les damos inconscientemente, estamos moldeando su cerebro, como hacía yo de niño con la plastilina. No es lo mismo trabajarla mucho para potenciar su maleabilidad que usar el bloque rectangular entero sin casi tocarlo; tampoco es lo mismo usar un solo color que combinarlos para generar una figurita más rica en formas y matices.

10 ideas clave. Las aportaciones neurocientíficas al campo educativo nos aporta exactamente esto, una visión clara y concisa, alejada de los falsos neuromitos, de las principales aportaciones de la neurociencia aplicables a la educación. Son diez ideas clave, sintetizadas en una sola frase y desarrolladas luego con más extensión, que nos permiten iniciarnos en este mundo de la neurociencia y empezar así a andar hacia el futuro. Porque si bien la pedagogía y su desarrollo como disciplina académica van a seguir siendo tan importantes como lo han sido hasta ahora, a ellas hay que sumarles ya todos los conocimientos que vamos adquiriendo sobre cómo se forma y cómo funciona el cerebro de nuestros alumnos y alumnas, qué le motiva más, de qué manera almacena todo lo que aprende en la memoria, y qué tipo de aprendizaje permite un uso posterior más eficiente.

No se trata de un recetario, de memorizar ciegamente diez preceptos como si fuesen verdades dogmáticas para aplicarlos sin más. Son diez ideas básicas que nos permiten reflexionar sobre los aspectos más íntimos de los procesos mentales y cerebrales del aprendizaje. Llevo muchos años metido en estudios sobre el cerebro y en su divulgación en diversos campos, incluida la educación, y debo reconocer, no sin un poco de envidia – envidia sana, por supuesto, aquella que nos impone nuevos retos y nos motiva a continuar progresando–, que todas ellas me han dado más de un motivo de reflexión, ya sea a través del desarrollo que hacen de cada temática, de los aportes científicos o de las propuestas prácticas que incluyen.

El reto que nos proponen, además, es doble, porque para conocer las intimidades del funcionamiento cerebral de nuestros

alumnos y alumnas primero debemos conocer el nuestro, en un sistema de doble aprendizaje: el maestro es profesor y aprendiz al mismo tiempo, del mismo modo que los aprendices también deben ser sus propios maestros y contribuir a los aprendizajes de sus compañeros y compañeras. De ahí la importancia de reflexionar sobre todo lo que van a leer, de incorporarlo de manera vivencial a su ya buen saber hacer en el aula.

Introducción

En el presente número de la colección Ideas Clave se van a desarrollar diversas ideas o teorías provenientes del campo neurocientífico sobre el funcionamiento cerebral y los procesos de aprendizaje. Asimismo, veremos cómo estas aportaciones pueden ser aplicadas o interpretadas desde la práctica educativa de aula por maestros y docentes.

El campo de la neurociencia cognitiva ha experimentado un importante avance en las últimas décadas, sobre todo debido al desarrollo tecnológico de las técnicas de neuroimagen, que ha permitido estudiar el cerebro humano en vivo y en diferentes edades mientras lleva a cabo diversos tipos de tareas cognitivas. Muchos de estos estudios se han centrado en los procesos de aprendizaje y memoria, de manera que han arrojado luz sobre cómo el cerebro codifica, elabora, retiene y recupera la información, y cómo algunos factores intervienen en estos procesos neurobiológicos que sustentan el aprendizaje y el desarrollo de funciones cognitivas de alto nivel.

Por otro lado, el campo educativo está experimentando una fuerte corriente de renovación y cambio pedagógico basado en la práctica reflexiva debido, sobre todo, a los importantes y acelerados cambios sociales y tecnológicos que acompañan al nuevo siglo, así como por las alarmantes cifras de fracaso escolar que indican de forma clara que el sistema educativo actual no da respuesta a las necesidades sociales, culturales y educativas que presentan los niños y niñas y adolescentes de hoy en día.

En este afán por encontrar un marco teórico que pueda justificar y fundamentar desde un punto de vista científico y riguroso el cambio y la mejora pedagógicos, educadores y educadoras han empezado a interesarse cada vez más por las implicaciones que un campo empírico como el de las neurociencias, que permiten estudiar la base biológica del comportamiento y la cognición, puedan aportar al diseño de las situaciones de enseñanza-aprendizaje desde una perspectiva basada en el funcionamiento del cerebro.

Con todo, y viendo el importante auge y el creciente interés que ha experimentado este campo en muy pocos años, en el presente libro pretendemos llamar un poco a la prudencia y a no creernos todo lo que se diga acerca del aprendizaje basado en el funcionamiento del cerebro. Si bien es cierto que la interacción entre estos dos ámbitos de conocimiento puede proyectar un escenario de mejora pedagógica muy prometedor, en la actualidad únicamente disponemos de estudios neurocientíficos de laboratorio, en entornos muy controlados, que distan mucho de lo que acontece en las situaciones naturales de aprendizaje.

Por todo ello, y a fin de aportar un poco de rigor y sensatez a este ámbito, hemos decidido centrarnos en diez ideas clave que ayuden a esclarecer algunos de los temas que más repetidamente se están relacionando con la neurociencia educativa, basándonos siempre en estudios y aportes científicos, y orientando con humildad algunas ideas prácticas que hay que tener en cuenta en el aula, sin pretender prescribir recetas universales ni dar directrices sobre cómo los docentes deben hacer su trabajo en el aula.

Seguidamente, resumimos algunos de los motivos que justifican la elaboración y pertinencia de este libro:

- Ofrecer una visión rigurosa y prudente del campo de la neuroeducación o neurodidáctica, puesto que últimamente están proliferando muchos productos e ideas *neuroeducativas* sin ninguna evidencia científica que los acompañe, aprovechándose del poder seductor de la neurociencia y de la popularización de algunos mitos sobre el funcionamiento del cerebro.
- Describir de una forma clara y divulgativa los procesos neurobiológicos que sustentan el aprendizaje y la memoria a lo largo de la vida como una capacidad innata e inevitable que nos permite adaptarnos a las demandas del entorno.
- Destacar estudios recientes en epigenética para entender que las influencias ambientales (entre ellas, la educación) tienen un efecto claro sobre la expresión génica a corto y largo plazo.
- Ofrecer una visión asequible de cómo se construye, se desarrolla y madura el cerebro humano a lo largo de la infancia y adolescencia, para entender algunas de las características típicas de cada etapa educativa.

- Hacer énfasis en la necesidad de tener en cuenta factores muy básicos, como la alimentación o el descanso, como requisitos indispensables para el funcionamiento cerebral y los procesos de aprendizaje.
- Desarrollar una visión científica acerca de los procesos atencionales como factor imprescindible para que el aprendizaje y la memoria tengan lugar, así como para poner de relieve que estos procesos van a ser siempre personales y subjetivos.
- Relativizar un poco la importancia de las emociones en los procesos de aprendizaje y memoria, puesto que, si bien es cierto que existe un claro efecto de potenciación emocional de la memoria, tampoco es necesario, e incluso puede llegar a ser contraproducente, centrar toda práctica de aula en conseguir una elevada respuesta emocional.
- Poner en valor la importancia de crear un clima de aula emocionalmente seguro y cálido para propiciar y facilitar los procesos y las oportunidades de aprendizaje.
- Enfatizar la importancia de compartir y socializar el aprendizaje, dado que, como especie animal, tenemos un diseño eminentemente social que nos ha permitido sobrevivir y prosperar a lo largo de nuestra evolución, y debemos tener en cuenta este componente en la práctica pedagógica.
- Destacar la importancia del desarrollo de las funciones ejecutivas y de la creatividad como unas de las habilidades y competencias de más alto nivel y más útiles para el posterior desarrollo profesional y personal a lo largo de la vida.
- Exponer la importancia que tiene el contacto con los espacios naturales para un mejor funcionamiento cerebral y cómo esto revierte en una mejora en los procesos de aprendizaje y memoria, entre otras funciones.

A partir de esta introducción, resumimos las 10 ideas clave que responden a las 10 preguntas que nos planteamos en torno a las aportaciones neurocientíficas al campo educativo.

10 preguntas clave sobre las aportaciones neurocientíficas al campo educativo y 10 ideas clave para responderlas

1. ¿Qué es y qué no es la neurociencia educativa?

Idea clave 1. La neurociencia educativa es una disciplina que pretende integrar los conocimientos neurocientíficos acerca de cómo funciona y aprende el cerebro en el ámbito educativo.

En esta primera idea, pretendemos delimitar de forma clara las posibilidades y las limitaciones reales que se presentan en la interacción neurociencia-educación, los peligros de la neurofilia o poder seductor de las neurociencias, así como desmitificar algunas de las creencias falsas acerca del funcionamiento del cerebro que más se han popularizado y extendido en los últimos años.

2. ¿Es importante conocer cómo funciona y aprende el cerebro para el diseño de metodologías pedagógicas?

Idea clave 2 .Conocer las bases neurobiológicas del aprendizaje y cómo su diseño evolutivo nos permite aprender durante toda la vida gracias a la plasticidad cerebral puede proporcionar herramientas y fundamentos para el diseño de las experiencias de aprendizaje.

En esta segunda idea clave, describimos los procesos cerebrales que sustentan el aprendizaje y la memoria, los cambios plásticos que permiten adaptarnos a las demandas del entorno como un diseño evolutivo que hace que el aprendizaje sea inevitable, así como la intervención de los hemisferios cerebrales en estos procesos. Además, se defiende el aprendizaje activo como la mejor manera que tiene el cerebro para aprender, y cómo el aprendizaje globalizado recluta mayores y más extensas redes neurales, lo que revierte en que el aprendizaje sea más útil y más fácilmente recuperable.

3. ¿Qué factor es más importante en el desarrollo de los niños y niñas y sus capacidades, la herencia o el ambiente?

Idea clave 3. Epigenética: la genética predispone, el ambiente determina y, en el mejor de los casos, optimiza el desarrollo de los niños y niñas y adolescentes.

Para esta tercera idea clave, hemos recuperado el eterno debate *herencia frente a ambiente*, para poner en valor los recientes estudios acerca de los cambios en la expresión génica debidos a los efectos del ambiente (epigenética). Para desarrollar esta idea, se exponen algunos estudios acerca de los efectos de la privación y la sobreestimulación ambiental, los efectos nocivos de una respuesta de estrés crónica y sostenida sobre un cerebro en desarrollo, y los beneficios de la práctica del mindfulness para la regulación emocional.

4. ¿Por qué es importante conocer las etapas madurativas del cerebro humano?

Idea clave 4. Tener en cuenta los hitos del neurodesarrollo nos permite justificar la práctica de aula basándonos en las capacidades y limitaciones evolutivas presentes en cada etapa, así como en los ritmos madurativos diferentes del alumnado.

Se describen aquí los principales hitos del neurodesarrollo que acontecen desde la gestación hasta el inicio de la edad adulta; se señalan algunas ventanas temporales especialmente sensibles a algunos aprendizajes específicos, y se exploran algunas características particulares del cerebro adolescente. En el aporte científico, se expone un estudio acerca de las conductas de riesgo en la adolescencia y algunas orientaciones pedagógicas para la educación secundaria.

5. ¿Nuestra alimentación puede influir en los procesos de aprendizaje y memoria?

Idea clave 5. El neurodesarrollo y los mecanismos celulares asociados a la plasticidad a lo largo de toda la vida dependen de la calidad y la cantidad de nutrientes que obtenemos con nuestra alimentación.

Para esta idea clave, decidimos desarrollar uno de los factores más básicos y elementales que intervienen en el funcionamiento cerebral, la alimentación, puesto que la calidad de los alimentos que

ingerimos modifica la estructura física de nuestro cerebro. Se enfatiza la importancia del desayuno, sobre todo en las etapas infantiles, y se hace una propuesta de desayunos neurosaludables.

6. ¿Cómo intervienen los procesos atencionales en el aprendizaje?

Idea clave 6. La atención es la puerta de entrada al aprendizaje y condiciona de forma crítica los procesos de aprendizaje y memoria.

Se trata de un factor esencial que debemos garantizar para que se codifique, elabore, retenga y recupere la información, aunque siempre vaya a ser de forma personal y subjetiva, debido a los filtros atencionales y a los esquemas cognitivos preexistentes. En el aporte científico, se discute un artículo de metaanálisis reciente acerca de las bases neurobiológicas del TDAH y la importancia de tener en cuenta los filtros y los prejuicios sobre nuestro alumnado, por el efecto que tienen sobre su rendimiento.

7. ¿Es verdad que solamente aprendemos aquello que nos emociona?

Idea clave 7. No es verdad. La memoria emocional es automática, rígida y muy duradera. Pero nuestro cerebro está continuamente aprendiendo conceptos, habilidades y procedimientos, aunque no haya una fuerte activación emocional implicada en ellos.

En esta idea clave desmitificamos la noción de que solo se aprende gracias a la emoción, puesto que si bien es cierto que la memoria emocional es automática, rígida, muy duradera y puede potenciar de forma clara el recuerdo consciente de otras memorias, nuestro cerebro está continuamente aprendiendo conceptos, habilidades y procedimientos, aunque no haya una clara activación emocional implicada en ellos. Por otro lado, se desarrolla la importancia de la autorregulación emocional como una habilidad para la vida, y cómo el contexto emocional o el clima de aula condiciona de forma clara los procesos de aprendizaje.

8. ¿Está nuestro cerebro diseñado para el aprendizaje cooperativo?

Idea clave 8. Nuestro cerebro tiene un diseño eminentemente social, de manera que estamos diseñados para vivir y convivir en sociedad, y para aprender más y mejor en interacción y cooperación social.

Se describe en esta idea clave el diseño social de nuestro cerebro y su sustrato cerebral, y se pone de relieve la necesidad de dar significatividad al aprendizaje mediado por la interacción social con los iguales. En el aporte científico, se exponen estudios acerca del componente innato del comportamiento cooperativo y cómo podemos promoverlo a través de la práctica de aula.

9. ¿Qué importancia tiene el desarrollo de las funciones ejecutivas en el contexto educativo? **Idea clave 9.** Las funciones ejecutivas son procesos cognitivos complejos que permiten dirigir nuestra conducta hacia la consecución de objetivos y a la resolución de problemas. Se consideran habilidades clave para el éxito educativo y también para la vida.

Se analizan aquí algunas de las funciones cognitivas más sofisticadas y cómo su desarrollo y su exigencia en la práctica de aula puede contribuir al desarrollo de competencias clave como la resolución de problemas, la toma de decisiones, la autonomía y el proceso creativo, relacionadas de forma clara con las habilidades de pensamiento de orden superior.

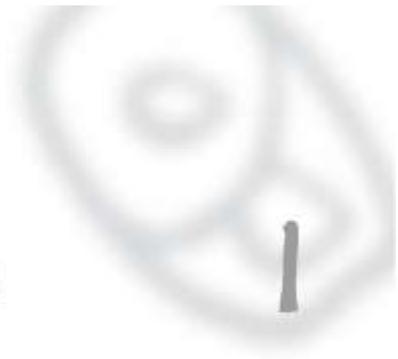
10. ¿Los espacios pueden educar a nuestro alumnado? ¿Hasta qué punto es importante el contacto con espacios naturales para el desarrollo del cerebro y los procesos de aprendizaje?

Idea clave 10. Nuestro cerebro ha evolucionado a lo largo de los años en contacto directo con la naturaleza y los elementos naturales, de modo que su uso en los entornos de aprendizaje es altamente beneficioso.

En esta última idea clave se describe la importancia que tienen los espacios que habitamos en nuestro funcionamiento cerebral y en nuestra interacción en él, poniendo de relieve los beneficios del contacto con la naturaleza y los espacios abiertos sobre los procesos de aprendizaje. Se defiende la idea de que nuestro cerebro ha evolucionado a lo largo de los años en contacto directo

con la naturaleza y los elementos naturales, así que su uso en los entornos de aprendizaje es altamente beneficioso, ya que da respuesta a nuestro diseño evolutivo.

Idea clave



¿Qué es y qué no es la neurociencia educativa?



La neurociencia educativa es una disciplina que pretende integrar los conocimientos neurocientíficos acerca de cómo funciona y aprende el cerebro en el ámbito educativo .

¿Qué es la neurociencia educativa?

La neurociencia educativa es una disciplina incipiente que nace de un creciente interés entre los maestros, maestras y docentes por encontrar un marco teórico de referencia que permita fundamentar su práctica pedagógica desde la evidencia científica. La neurociencia cognitiva, una rama de las **neurociencias**¹ que ha experimentado importantes avances en las últimas décadas, parece proporcionar este sustento teórico y científico al ámbito educativo, puesto que permite estudiar el sustrato neurobiológico de la conducta y de los procesos mentales humanos, entre ellos los procesos de aprendizaje y memoria.

En este sentido, la neurociencia educativa, neurodidáctica o neuroeducación, se orienta hacia el estudio y la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje desde una perspectiva

científica y basada en el funcionamiento del cerebro, a partir de la interacción entre tres ámbitos de conocimiento diferentes: las neurociencias, la psicología y la educación (cuadro 1, en la p. 23).

Del ámbito neurocientífico, la neurociencia educativa tiene en cuenta conocimientos sobre cómo se estructura, cómo funciona y cómo se desarrolla el cerebro, entendiendo que el cerebro es el órgano más complejo que tenemos y que todavía estamos lejos de conocer la totalidad de su funcionamiento. Del campo de la **psicología**, utiliza conceptos y teorías sobre las funciones mentales básicas, como los procesos atencionales y perceptivos, la emoción y la motivación o el lenguaje y el pensamiento, entre otros, y su implicación en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Y del ámbito educativo, la neurociencia educativa se centra, principalmente, en ideas y teorías sobre cómo diseñar la práctica docente para favorecer el desarrollo cognitivo de acuerdo con la interacción con las otras dos disciplinas. Especialmente, se centra en metodologías y prácticas educativas, atención a la diversidad, procesos de evaluación y habilidades docentes.

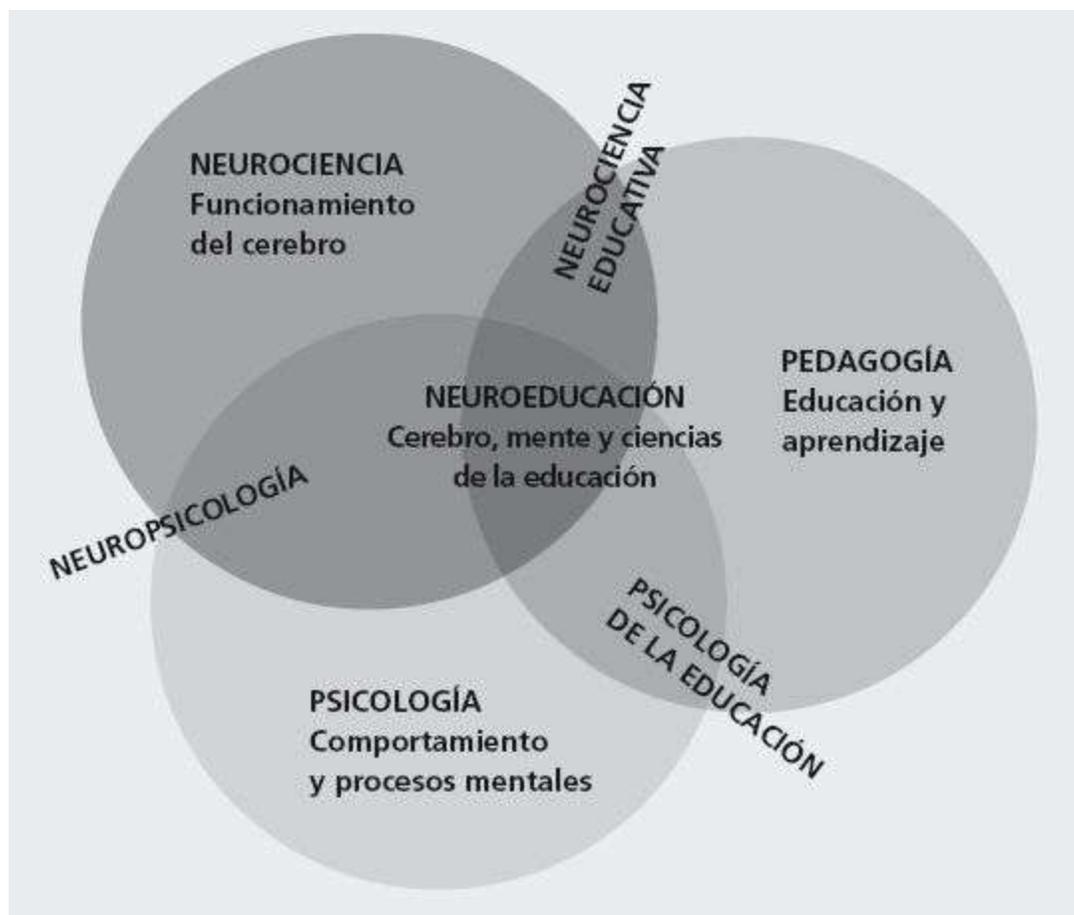
Psicología y educación son dos disciplinas que, tradicionalmente, han estado vinculadas, de manera que cualquier corriente o avance psicológico ha tenido una repercusión clara en el ámbito educativo y son muchas las investigaciones especializadas en psicología de la educación. En las últimas décadas, a este binomio se le ha añadido un tercer elemento, el de las neurociencias, en la búsqueda de un marco teórico científico que permita fundamentar el diseño de la práctica pedagógica basada en el funcionamiento del cerebro humano.

Si tenemos en cuenta que el objetivo principal de la educación es modificar o influir en el comportamiento y en los procesos mentales de los niños y niñas que tenemos en el aula de una forma intencionada y sistemática para ayudarles a adaptarse de forma exitosa a su entorno sociocultural, y que la base biológica de toda conducta humana es el **sistema nervioso central** (SNC), podemos afirmar, en consecuencia, que la educación pretende modificar, y modifica, la estructura y el funcionamiento del cerebro.

De aquí que ambas disciplinas estén legítima e íntimamente interrelacionadas y que todo maestro o docente pueda tener interés

en conocer cómo funciona el órgano que sustenta el aprendizaje, partiendo de la idea de que conocer cómo aprende y cómo funciona el cerebro puede ayudarnos a mejorar la práctica pedagógica y las experiencias de aprendizaje. Tal como dice Jensen (2010), la clave está en educar teniendo el cerebro en mente.

Cuadro 1. Ámbitos de conocimiento que integra la neurociencia educativa



Fuente: Adaptado de Tokuhamas-Espinosa, 2011

¿Para ser un buen docente necesito conocer el funcionamiento del cerebro?

No, rotundamente no. Aristóteles fue un excelente pedagogo y desconocía completamente las bases neurales del aprendizaje. No

obstante, poder identificar algunos factores que intervienen de forma clara en el funcionamiento cerebral, y, por extensión, en los procesos cognitivos puede ser una herramienta más para que la comunidad educativa reflexione sobre la práctica docente y el modelo educativo actual.

Conocer cómo aprende y cómo funciona el cerebro puede ayudarnos a mejorar la práctica pedagógica y las experiencias de aprendizaje.

Por otro lado, el hecho de que los conocimientos sobre los que se sustenta la neurociencia educativa provengan de la neurociencia cognitiva, es decir, de una disciplina científica, puede proporcionar herramientas a los profesionales de la educación para poder justificar y fundamentar su actividad profesional desde la evidencia empírica, y no solamente desde la intuición, favoreciendo así una mayor credibilidad y respeto profesionales.

La neurociencia educativa se sustenta en una disciplina científica, lo que permite a los profesionales de la educación fundamentar su actividad desde la evidencia empírica, y no solo desde la intuición, favoreciendo una mayor credibilidad y respeto profesionales.

En este sentido, muchas de las ideas que defiende la neurociencia educativa y que se van a exponer más adelante no son nuevas, diríamos que ya está todo inventado en educación. La mayor parte de estas ideas concuerdan con teorías pedagógicas que la investigación educativa ya ha validado, y muchas otras ya son utilizadas desde hace tiempo por numerosos maestros y docentes porque saben, por experiencia, que funcionan. De este modo, la neurociencia educativa no inventa nada nuevo, únicamente proporciona una fundamentación científica basada en los mecanismos neurales que intervienen en los procesos de aprendizaje y memoria, que permite justificar por qué unas metodologías docentes funcionan más y otras menos.

Con todo, si bien es cierto que la neurociencia educativa proyecta un escenario de mejora pedagógica muy prometedor, actualmente es aún una disciplina muy joven. De momento, los estudios de los que se dispone son mayormente estudios de laboratorio, es decir, estudios muy controlados fuera de un contexto natural de aprendizaje que poco tienen que ver con lo que pasa realmente en

un aula donde veinticinco o treinta niños y niñas aprenden de forma conjunta y espontánea mediante una práctica docente determinada (Carballo, 2016). Por ello, hablamos de un nuevo campo de investigación que todavía tiene mucho camino por recorrer, y de una falta importante de estudios aplicados y enfocados a situaciones de aula naturales que hace necesaria la formación de maestros y educadores en neurociencia para que sean ellos y ellas los que realicen estos estudios en sus aulas.

Para hacer avanzar el cuerpo de conocimiento de la neurociencia educativa, es necesario que haya maestros y docentes interesados y formados en neurociencia, y neurocientíficos interesados y formados en educación para tender puentes de colaboración entre ambas disciplinas, de manera que las investigaciones neurocientíficas tengan en cuenta la realidad del aula, y las investigaciones educativas tengan en cuenta el marco teórico de la neurociencia cognitiva.

La distancia entre neurociencia y educación ha propiciado la aparición de mitos sobre el funcionamiento del cerebro muy arraigados en el mundo de la educación que se han convertido en creencias erróneas sobre el funcionamiento del cerebro y que afectan directamente al quehacer del docente en el aula.

Por otro lado, debemos tener presente que neurociencia y educación son dos disciplinas que han estado alejadas la una de la otra durante muchos años, y, tradicionalmente, los estudios neurocientíficos han utilizado un lenguaje muy técnico y específico, y una aproximación metodológica al estudio del aprendizaje muy alejada del ámbito educativo real. Esta distancia entre ambas disciplinas ha propiciado la aparición de diversos mitos, algunos de ellos muy arraigados en el mundo de la educación, que son resultado, a menudo, de haber simplificado, manipulado y malinterpretado algunos datos neurocientíficos reales que han acabado convirtiéndose en creencias erróneas sobre el funcionamiento del cerebro, y esto afecta, de manera directa, al quehacer del docente en el aula (Howard-Jones, 2014).

La única manera de combatir y eliminar estos **neuromitos** fuertemente instaurados en el imaginario colectivo y en la cultura popular es con formación en neurociencia cognitiva, desde el rigor

científico, y fomentando una actitud crítica y una cultura académica basada en la evidencia científica entre los profesionales de la educación. A lo largo del libro iremos desmintiendo algunos de los mitos más populares sobre el funcionamiento del cerebro, a la vez que esperamos ir cultivando una actitud y una mirada científicas acerca de la tarea docente y las situaciones de enseñanza-aprendizaje.

Iremos desmintiendo algunos de los mitos más populares sobre el funcionamiento del cerebro, a la vez que esperamos cultivar una actitud y una mirada científicas acerca de la tarea docente y las situaciones de enseñanzaaprendizaje.

¿Podemos hablar de programas neuroeducativos?

Es igualmente importante fomentar una actitud crítica entre maestros y docentes, puesto que, debido al *neuroabuso* que actualmente estamos viviendo, muchas empresas y profesionales que no provienen del campo neurocientífico se están aprovechando de esta moda *neuro* bajo intereses comerciales y lucrativos sacando al mercado diversos *neuroproductos* sin acompañarlos de ninguna evidencia científica que sustente su eficacia.

Actualmente debido al *neuroabuso*, muchas empresas y profesionales que no provienen del campo neurocientífico se están aprovechando de esta moda *neuro* bajo intereses comerciales y lucrativos sacando al mercado diversos *neuroproductos* sin acompañarlos de ninguna evidencia científica que sustente su eficacia.

Como veremos a continuación, se ha demostrado en estudios recientes que cuando una información (un artículo divulgativo o una definición) va acompañada de una neuroimagen o de ciertos conceptos neurocientíficos, aunque estos no aporten ningún dato relevante, las personas dan una mayor credibilidad a esa información que cuando la neuroimagen o el concepto neurocientífico no aparece.

Actualmente, encontramos muchos productos y programas en el mercado que utilizan la imagen de cerebros o los prefijos *neuro-*, *brainy* sus derivados, para conseguir una mayor credibilidad entre el sector educativo y lucrarse de esta *neurofilia* o de este fuerte interés en la neurociencia entre unos profesionales que no disponen de la formación necesaria para cuestionarse la validez y el rigor científicos de esos productos.

Esos programas tienen una gran acogida entre maestros y docentes: por un lado, por el poder seductor de la neurociencia como recurso contrastado y fiable, aunque en algunos casos no haya ninguna evidencia empírica que lo acompañe; por otro, porque, a menudo, estos productos y programas ofrecen soluciones fáciles y cómodas a la práctica pedagógica diaria. Es la comodidad y seguridad que ofrece un método o un sistema cerrado que te dice qué tienes que hacer en el aula y cómo, para que todos los niños y niñas hagan y *aprendan* lo mismo, de la misma manera y en el mismo momento. Nada más lejos de la práctica educativa real, en la que, si algo es seguro, es que no existen recetas mágicas.

Es necesario insistir en que la neurociencia educativa no consiste en una nueva corriente pedagógica ni ofrece una panacea que permita solucionar todos los problemas que existen en el modelo educativo actual. Debemos ser conscientes de que solamente disponemos de distintas herramientas y recursos (y la neurociencia educativa sería uno de ellos), pero que depende del educador que la práctica de aula y las experiencias de aprendizaje que allí se ofrezcan sean útiles, efectivas y se adecuen a las necesidades, intereses y capacidades de los diferentes niños y niñas y adolescentes que conviven en una misma aula.

Con esto también queremos hacer hincapié en que no deben ser los neurocientíficos los que digan qué se debe hacer en el aula ni cómo se debe educar, sino que son los maestros y docentes los que tienen formación en pedagogía, los que cuentan con esta competencia, y los principales responsables del diseño de su práctica de enseñanza-aprendizaje.

La neurociencia educativa es un recurso más a disposición del docente, pero de él depende que la práctica y las experiencias en las aulas sean útiles,

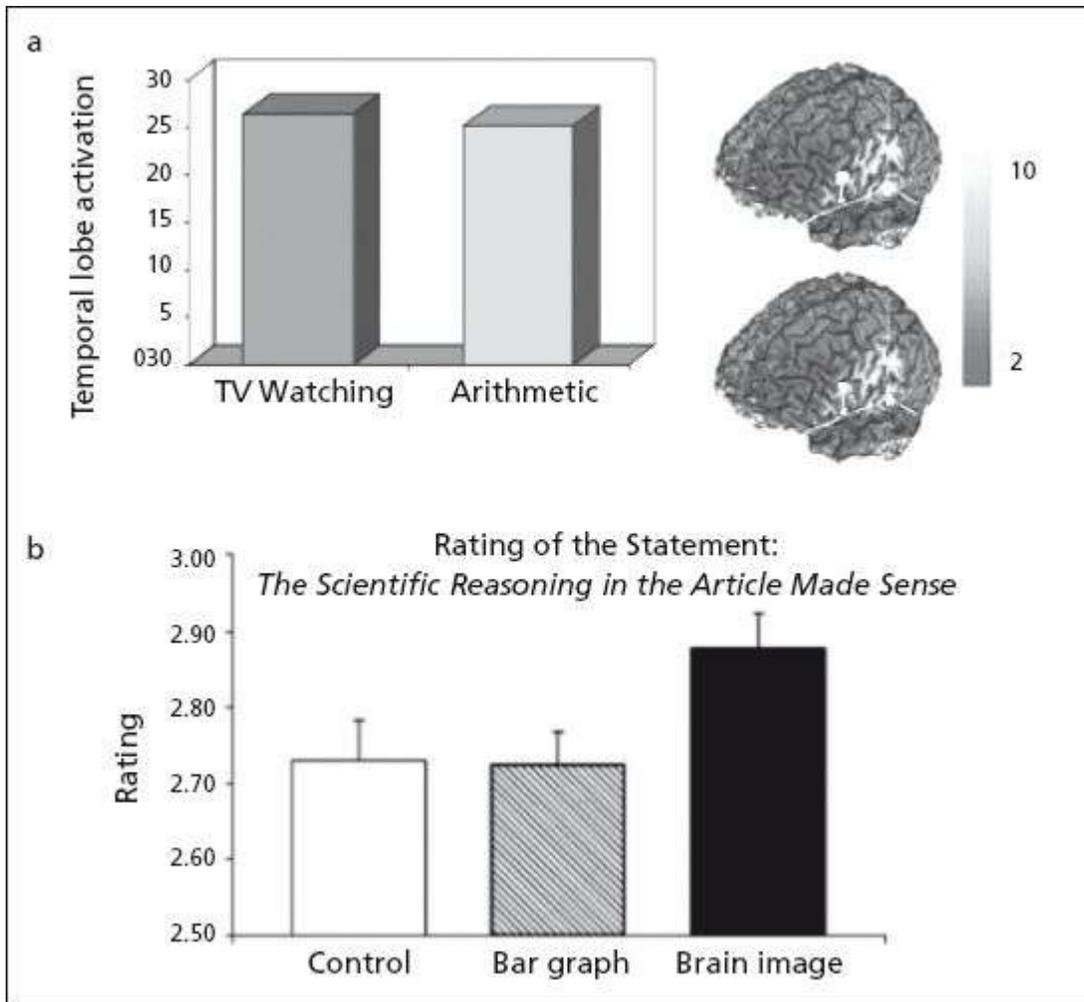
efectivas y adecuadas a las necesidades, intereses y capacidades del alumnado que convive en ellas.

Aporte científico. La neurofilia

En el estudio de McCabe y Castle (2008) que os presentamos a continuación, se pidió a tres grupos de participantes que leyeran un artículo científico divulgativo de ficción que relacionaba las habilidades aritméticas con ver la televisión, puesto que haciendo ambas tareas se activaban las mismas áreas cerebrales (un argumento que no goza de ninguna validez científica), y que una vez leído el artículo puntuaran su grado de conformidad o disconformidad con el razonamiento científico que se exponía (cuadro 2, en la página siguiente).

Al primer grupo (control) se le presentó el artículo escrito; al segundo grupo (*bar graph*) se le acompañó el artículo con un gráfico de barras que mostraba la activación similar del lóbulo temporal, y al tercer grupo (*brain image*) se le presentó el mismo artículo escrito acompañado de una neuroimagen ficticia que mostraba la misma activación de los lóbulos temporales (2a).

Cuadro 2. Estudio de McCabe y Castle: (a) a la izquierda, el gráfico de barras; a la derecha, la neuroimagen mostrando una supuesta activación similar entre ver la televisión y hacer cálculo aritmético. (b) Nivel de conformidad con el razonamiento científico del artículo para los grupos control, gráfico de barras y neuroimagen



Fuente: McCabe y Castel, 2008

Lo que mostraron los resultados (2b) es que el tercer grupo experimental, el que leyó el mismo artículo que los demás grupos, pero acompañado de una neuroimagen, puntuó su grado de conformidad significativamente más elevado que los otros dos grupos del estudio.

Resultados similares se observaron en el estudio de Weisberg y otros (2008), en el que demostraron que cuando una mala definición de un concepto psicológico iba acompañada de cierta información neurocientífica totalmente irrelevante las personas sin formación en este campo daban mayor credibilidad a esa definición que cuando esta información neurocientífica no se presentaba. Curiosamente, esto no pasaba cuando las personas que participaban en el estudio eran personas expertas en neurociencia y podían valorar que la

mala definición seguía siendo mala, aunque la acompañara información neurocientífica irrelevante.

*Una formación científica y rigurosa en neurociencia permite tener una opinión crítica y fundamentada ante los productos y programas denominados **neuroeducativos**.*

Así pues, estos estudios nos demuestran que es conveniente tener formación científica y rigurosa en neurociencia para tener una actitud crítica ante los productos y programas denominados *neuroeducativos* y que tienen una gran aceptación en el mercado docente y familiar. Sin esta formación, es difícil disponer de las herramientas necesarias para poder tener una opinión crítica y fundamentada.

En la práctica

Neuromitos

A continuación, comentamos algunos de los neuromitos más extendidos en el imaginario colectivo de maestros y docentes, y que sin duda intervienen en la planificación de la práctica docente, puesto que forman parte de su sistema de creencias:

«Solo utilizamos el 10% de nuestro cerebro»

Probablemente, este sea el neuromito más popular. Lo hemos escuchado miles de veces, lo hemos leído en multitud de artículos, e incluso se han hecho películas sobre ello (por ejemplo, la película *Lucy*, protagonizada por Scarlett Johansson). Así pues, ¿por qué íbamos a dudar de su veracidad si no tenemos herramientas ni conocimientos sobre neurociencia para hacerlo? De hecho, encuestas realizadas entre docentes de distintos países indican que entre un 45 y un 60% de los maestros creen que esta afirmación es cierta (Dekker y otros, 2012).

Pero la neurociencia demuestra que esto es completamente falso. No hay zonas oscuras e inexploradas en el cerebro que no sepamos para qué sirven ni tenemos un potencial oculto a desarrollar que nos permitiría gozar de superpoderes, y lo cierto es que si solo utilizáramos el 10% de nuestro cerebro tendríamos un problema neurológico muy grave. Se ha estudiado todo el cerebro desde el punto de vista estructural y funcional, y sabemos que la mayoría de funciones cognitivas superiores, aunque estén más o menos localizadas en algunas zonas y áreas más diferenciadas, dependen sobre todo del funcionamiento de extensos circuitos y redes neuronales distribuidas e interconectadas de forma interdependiente que reclutan diferentes y muy distantes partes del cerebro.

Como pasa en la mayoría de los neuromitos, es fácil detectar de dónde nace esta falsa creencia, y en el caso del 10% se debe, principalmente, a las populares neuroimágenes que acompañan las noticias y los artículos acerca de activaciones cerebrales relacionadas con distintas funciones y habilidades y que muestran zonas coloreadas del cerebro que muy bien podrían corresponder a un 10%, si las comparamos con el resto de su superficie (por ejemplo, la neuroimagen que se muestra en el cuadro 2).

Cuando vemos estas imágenes, es fácil creer que *las matemáticas residen en esas zonas concretas marcadas en la neuroimagen* y que cuando estamos calculando solo se activan esas áreas y el resto del cerebro no está haciendo nada. Lo que no nos explican cuando se publican esas imágenes es que son el resultado de un tratamiento de datos en el que se restan las activaciones de un grupo experimental (el que calcula) frente a un grupo control (que hace algo parecido, pero sin realizar el cálculo), de manera que se resaltan aquellas áreas que se activan de forma diferencial entre ambos grupos, sin mostrar todas las otras áreas que están activadas de forma similar. De ahí la visión simplificada y reduccionista que nos lleva a la falsa creencia de que solo utilizamos ese trocito de cerebro cuando hacemos una multiplicación.

«Los alumnos y alumnas aprenden mejor cuando utilizan su estilo de aprendizaje preferido»

Se han realizado diversos estudios acerca de los tres estilos de aprendizaje (visual, auditivo y kinestésico), intentando probar que cuando un alumno o alumna aprende a través de su canal sensorial preferido aprende más y mejor, y el caso es que hasta ahora no se ha conseguido probar ningún beneficio educativo de esta práctica.

En este sentido, darle al alumnado visual información visual, al alumnado auditivo información auditiva y al alumnado kinestésico información kinestésica no garantiza que vayan a aprender mejor que cuando se utilizan otros canales que no sean el preferido. Es más, es muy complejo poder determinar inequívocamente un estilo de aprendizaje estable y presente en todas las actividades y funciones cognitivas en cada individuo. Lo que sí han evidenciado los estudios científicos es que la diversidad de modalidades sensoriales beneficia, en general, a todos los alumnos y alumnas que aprenden, de manera que utilizar diversos canales de entrada facilitaría el acceso al aprendizaje, puesto que se maximizarían las probabilidades de entrada de la información y se favorecería un aprendizaje más extenso y distribuido a nivel de redes neuronales implicadas. Como veremos más adelante, cuanto mayor sea la extensión de la red neural implicada en un aprendizaje, más potente y funcional va a ser, puesto que va a permitir relacionar distintos tipos de representaciones mentales y va a ser más fácilmente recuperable.

Esto quiere decir que es importante diversificar la propuesta docente, no utilizar siempre el mismo formato o el mismo canal, e intentar combinar diferentes metodologías y materiales para favorecer que los alumnos y alumnas se beneficien de propuestas diversas y formatos que tengan en cuenta distintos canales de entrada de la información.

Por otro lado, esta falsa creencia, que presenta una de las cifras de mayor prevalencia entre maestros y docentes de diferentes países (Dekker y otros, 2012), con unos resultados de entre el 93 y el 96%, no tiene fundamento neurocientífico alguno,

puesto que, si bien las áreas sensoriales primarias a las que llega la información sensorial de cada uno de nuestros sentidos (vista, oído, tacto, gusto y olfato) están bien identificadas a nivel cortical, el funcionamiento perceptivo depende de la participación de regiones asociativas y, por tanto, de una interacción entre modalidades sensoriales para poder organizar y coordinar todas las informaciones entrantes, darles un significado y saber que aquello que veo es aquello que oigo, que huele de esta manera y que tiene una textura concreta.

Esto quiere decir que, aunque una persona tuviera un canal de entrada más eficiente en determinadas situaciones, necesita del resto de modalidades sensoriales para poder integrar la información fragmentada que se extrae a través de los sentidos, organizarla de forma coordinada y poder construir una representación mental consciente de la realidad que tenga significado, es decir, que sea comprensible y, a partir de ahí, poder realizar un aprendizaje.

«Los ejercicios de coordinación mejoran la conexión entre hemisferios cerebrales» De nuevo es uno de los neuromitos más extendidos y con mayor presencia en las aulas, gracias a la gran popularidad que obtuvieron hace unos años programas de ejercicios y prácticas como la kinesiología o el *brain gym*, y que hizo que entre un 82 y un 88% de educadores crea todavía hoy que son prácticas contrastadas y eficaces (Dekker y otros, 2012).

En el caso del *brain gym*, se sostiene que existe una especie de *botones* distribuidos en el cuerpo que cuando son presionados se reestablece la organización cerebral correcta, y que esto es requisito necesario para pensar y para aprender, de manera que muchos educadores y educadoras han incorporado este tipo de ejercicios al inicio de sus clases para asegurar que sus alumnos y alumnas van a estar más preparados para el aprendizaje.

Evidentemente, estos botones y estas conexiones no existen, tampoco hay evidencia científica de que estos ejercicios mejoren la integración interhemisférica ni el rendimiento académico de ninguna área curricular. Lo que sí goza de un importante respaldo científico es que el ejercicio físico y el movimiento mejoran la

función mental a través de diversos mecanismos neurales, y que esto repercute de forma directa sobre el aprendizaje, la memoria, el estado de ánimo y las **funciones ejecutivas**, entre otras funciones (veremos algunos de estos estudios en la idea clave 9, p. 165).

En este sentido, es importante que los niños y niñas y adolescentes se muevan y hagan ejercicio a diario, pero no necesariamente los ejercicios de coordinación que prescriben estos métodos. Esta necesidad responde a nuestro diseño evolutivo, puesto que nuestra especie, el *Homo sapiens*, no es una especie sedentaria, sino que estamos diseñados para caminar cada día alrededor de unos diez kilómetros y cazar, explorar el entorno, buscar provisiones, etc. Seguimos siendo cazadores-recolectores; ha cambiado mucho nuestro entorno sociocultural, pero no nuestro diseño genético, y lo que espera nuestro organismo es movimiento y no permanecer gran parte del día sentados. Y si el sedentarismo es antinatural para los adultos, imaginémosnos para los más pequeños.

«No se puede iniciar el aprendizaje de una segunda lengua hasta que la primera no esté consolidada»

Existen multitud de neuromitos acerca del bilingüismo y el multilingüismo, como que debemos esperar para aprender otra lengua a que dominemos la primera, que cuando aprendemos una segunda lengua perdemos la primera, que lenguas distintas ocupan áreas separadas en el cerebro, o que los niños bilingües son más inteligentes.

Todas estas creencias no están probadas científicamente. En este contexto, no sería necesario esperar para introducir una segunda o tercera lengua a determinada edad por peligro de que se aprendan mal. Si el niño o la niña crece en un ambiente multilingüe, lo que sí es probable que observemos es un cierto enlentecimiento en la aparición del habla respecto a los niños y niñas que crecen en un ambiente monolingüe, así como mezcla de lenguas en sus producciones orales en los primeros años.

Esto se debe a una cuestión de capacidad, puesto que si se está desarrollando el sistema neural que permite la aparición del

lenguaje oral se deben repartir los recursos entre las diferentes lenguas que aprende el niño. En este sentido, si la exposición al lenguaje es de calidad y genuina, estas dificultades desaparecerán en el momento en que el niño ya sea un hablante competente, diferenciando sin problema un idioma de otro, sin mezclas ni confusiones.

Por otro lado, hablar más de una lengua no aumenta la inteligencia de las personas en términos de cociente de inteligencia, teniendo en cuenta que estos test son una medida simplificada y parcelada de la inteligencia de una persona, aunque sí se han observado diversos beneficios a nivel cognitivo. Por ejemplo, sabemos que hablar más de una lengua aumenta las habilidades atencionales, como la resistencia a distractores (Bialystok y otros, 2004), la **flexibilidad cognitiva** (Ferjan-Ramírez y otros, 2017) y la cognición social, entendida como una mayor facilidad para ponerse en el lugar del otro (Fan y otros, 2015).

No obstante, el beneficio más notorio que han mostrado los estudios es que el multilingüismo aumenta la reserva cognitiva, de manera que se podría atrasar la aparición de enfermedades neurodegenerativas, como la enfermedad Alzheimer, en una media de 4 o 5 años (Perani y Abutalebi, 2015). Esto se debe a que hablar más de un idioma resulta ser como un entrenamiento diario en el que las dos lenguas están activas todo el tiempo compitiendo entre ellas, y debemos ir activando e inhibiendo una u otra en función de con quien hablemos, contribuyendo así a crear redes neurales más eficaces y efectivas que podrían justificar que la pérdida asociada a la neurodegeneración se note menos en sus estados iniciales. El concepto de *reserva cognitiva* hace referencia al seguido de actividades y conductas que realizamos a lo largo de la vida consideradas un factor protector para un envejecimiento cerebral más saludable, minimizando así la posibilidad de deterioro cognitivo durante la vejez. El multilingüismo, así como otras actividades cognitivas exigentes, el estilo de vida y la actividad física serían algunas de las variables que la conforman.

Por otro lado, los únicos inconvenientes asociados al multilingüismo son que se ententece un poco la denominación de palabras –decir el nombre cuando vemos una imagen–, precisamente porque las diferentes lenguas compiten entre ellas y tenemos que seleccionar con qué idioma lo denominamos, y que se presenta un vocabulario ligeramente más reducido, y un mayor riesgo de anomia, es decir, mayor probabilidad de que nos quedemos con la palabra en la punta de la lengua y no nos salga (Parker-Jones y otros, 2012).

También hay estudios interesantes en cuanto a cómo debería ser este aprendizaje de segundas y terceras lenguas. Respecto al desarrollo fonológico, es importante que la exposición al idioma sea de forma temprana, puesto que al nacer somos el oyente universal y discriminamos los cerca de 200 fonemas que hay en el mundo, pero después ya vamos seleccionando aquellos fonemas de nuestro entorno en función del **input** que recibimos, y vamos perdiendo sensibilidad por los fonemas que no oímos (Werker, 1989).

En este sentido, es igualmente importante que la exposición al idioma sea a través de personas que sean nativas de esa lengua; de lo contrario, el modelo fonológico no será de calidad, la interacción comunicativa no será genuina (Kuhl, 2010) y, sobre todo, en contextos de aprendizaje naturales, reales y con una función comunicativa clara a través de la interacción social con estos modelos del idioma, y no a través de pantallas (Kuhl, Tsao y Liu, 2003).

¹ Todos los términos que aparecen en negrita pueden encontrarse en el glosario del libro (pp .200-206).

Idea clave 2

¿Es importante conocer cómo funciona y aprende el cerebro para el diseño de metodologías pedagógicas?



Conocer las bases neurobiológicas del aprendizaje y cómo su diseño evolutivo nos permite aprender durante toda la vida gracias a la plasticidad cerebral puede proporcionar herramientas y fundamentos para el diseño de las experiencias de aprendizaje.

Aprendizaje y memoria

Los términos *aprendizaje* y *memoria* se encuentran tan íntimamente relacionados que, a menudo, es complicado delimitar dónde acaba uno y dónde empieza el otro. Desde el punto de vista neurobiológico, el aprendizaje se entiende como los cambios físicos y funcionales que tienen lugar en el SNC resultado de la propia experiencia que modifican la manera de comportarnos y relacionarnos con nuestro entorno. En cambio, la memoria constituye el mecanismo por el cual este conocimiento derivado de las experiencias de aprendizaje es codificado y almacenado, y más

tarde puede ser recuperado. Esta recuperación de la información es lo que llamamos *recuerdo*, el cual permite que podamos utilizar de nuevo el conocimiento previamente adquirido.

Los procesos de aprendizaje y memoria implican una modificación en la manera de comportarse y en la manera de procesar la información a nivel cognitivo. Estas modificaciones y cambios, tanto estructurales como funcionales, pueden perdurar más o menos en el tiempo en función de los mecanismos de consolidación de la memoria que hayan estado implicados en ellos, puesto que son muchas las estructuras cerebrales y los elementos que participan e intervienen en las bases neurobiológicas del aprendizaje y la memoria que dan lugar a los mecanismos de plasticidad cerebral (Morgado, 2014).

Esta memoria y estos recuerdos, fruto de nuestras vivencias, no se almacenan en nuestro cerebro como si fuera un simple almacén de datos ordenado por carpetas de parcelas de información, sino que nuestra memoria es eminentemente asociativa, dinámica, flexible y cambiante, y se construye conectando la nueva información con la información ya existente, lo cual permite darle un sentido y un significado a la nueva información que se incorpora.

De esta manera, las corrientes pedagógicas basadas en la teoría del conocimiento constructivista se relacionan íntimamente con el sustrato neurobiológico del aprendizaje. Por esta razón, la consolidación de la memoria y los procesos de aprendizaje significativo se logran cuando el alumno o la alumna es capaz de relacionar de manera consciente lo que ya conoce, es decir, su estructura cognitiva preexistente, con los nuevos conocimientos y habilidades que debe adquirir, construyendo así su aprendizaje sobre la base de los conocimientos previos. Figuras clave del **constructivismo** como Jean Piaget o Lev Vigotsky ya habían defendido esta visión constructivista y activa del aprendizaje hace ya muchos años, y sin ningún conocimiento en neurociencia cognitiva.

Uno de los temas más importantes en el campo de la neurociencia es poder explicar dónde se encuentran almacenados nuestros recuerdos y cómo los recuperamos. En este sentido, a mediados del siglo XIX, una corriente científica llamada *localizacionismo* hizo especial hincapié en que los problemas

cognitivos eran debidos a lesiones muy localizadas y específicas en el cerebro de los pacientes. Los investigadores llegaron a esta conclusión a raíz de los estudios *post mortem* de estos cerebros, que desvelaban importantes lesiones, dejando otras funciones intactas. Asimismo, asumieron que en el cerebro humano existen áreas diferenciadas funcionalmente e iniciaron una carrera por intentar localizar y aislar en el cerebro todas las funciones cognitivas posibles.

Actualmente, sabemos que, aunque los diferentes procesos cognitivos tienen un sustrato neural determinado más o menos localizado en diferentes regiones cerebrales, en la mayoría de los casos las diferentes funciones intelectuales dependen de extensas y distribuidas redes neurales que trabajan de forma interconectada e interdependiente con otras regiones cerebrales cercanas y también distales.

De esta manera, es más adecuado describir que tanto la memoria como el resto de funciones cognitivas (el lenguaje, la percepción o el control del movimiento) dependen del funcionamiento de redes neuronales complejas, especializadas e interconectadas que colaboran entre sí, asumiendo que el cerebro funciona de forma global, como un todo, y que cuando aprendemos, sobre todo cuando hay implicación y motivación, utilizamos amplias regiones cerebrales, y que cuanto más amplias y extensas sean estas redes mayor importancia y sentido tendrá esa experiencia de aprendizaje para nuestro cerebro.

En conclusión, el cerebro humano es un órgano extremadamente plástico que cambia su estructura y su funcionamiento de forma constante a partir de la experiencia, con el objetivo de garantizar la adaptación del individuo a un entorno también cambiante. Los procesos de plasticidad cerebral son la base biológica de los procesos de aprendizaje y memoria presentes durante todo el ciclo vital (Blakemore y Frith, 2007).

¿Cuáles son los cambios neurobiológicos que sustentan el aprendizaje y la memoria?

La plasticidad cerebral es un mecanismo innato e instintivo de nuestro cerebro que sustenta los procesos de aprendizaje y memoria. Se considera una propiedad adaptativa del cerebro que permite cambiarse a sí mismo, su estructura, la función de sus conexiones neuronales y sus circuitos, para adaptarse a las demandas cambiantes del medio.

Nuestro cerebro está diseñado para aprender. El aprendizaje deviene inevitable, puesto que constantemente estamos modificando nuestra conducta en función de nuestras interacciones con el entorno, sobre todo debido a las experiencias que vivimos y a la educación que recibimos.

En este sentido, nuestro cerebro está diseñado para aprender. El aprendizaje deviene inevitable, puesto que constantemente estamos modificando nuestra conducta en función de nuestras interacciones con el entorno, sobre todo debido a las experiencias que vivimos y a la educación que recibimos. Así pues, la organización de la **corteza cerebral** es plástica, dinámica y se modifica con la educación y la experiencia a lo largo de toda la vida.

Si bien estos mecanismos de plasticidad cerebral, o de neuroplasticidad, se encuentran presentes en todas las conductas que realizamos y todas las experiencias que vivimos, su repetición parece ser uno de los factores principales que utiliza el cerebro para determinar la eficiencia y la estabilidad de estas conexiones sinápticas. En este sentido, cuanto más repetimos una conducta o cuantas más veces vivimos una misma experiencia, el sustrato neural que las sustenta queda fortalecido y los circuitos resultan potenciados durante más tiempo.

De esta manera, la práctica es un factor clave que interviene en los mecanismos de consolidación de la memoria, creando memorias más estables y duraderas. Sin embargo, es relevante que no se confunda esta importancia de la práctica para el aprendizaje con que el alumnado deba estar repitiendo de manera mecánica y descontextualizada un contenido concreto para memorizarlo y poder después recuperarlo en su memoria a fin de reproducirlo en el momento de la evaluación. Por el contrario, la práctica a la que nos referimos tiene que ver con la repetición de situaciones de aprendizaje bajo un enfoque competencial y global que ayude a desarrollar las habilidades que van a poder ser transferibles y

generalizables a las diversas situaciones que se encuentren en la vida. En este sentido, es importante promover la práctica de las habilidades necesarias para poder resolver problemas, responder ante situaciones novedosas, tomar decisiones y generar respuestas creativas, con el fin de fortalecer y estabilizar las complejas conexiones neurales que sustentan estos procesos, generando así aprendizajes más estables y duraderos.

No hay que confundir la importancia de la práctica con la repetición mecánica y descontextualizada de un contenido para memorizarlo y poder después recuperarlo de la memoria para reproducirlo en la evaluación.

La repetición es un factor clave para aprender y debe articularse a través de un aprendizaje competencial, global, con sentido y utilidad para el alumno. De esta manera, se van practicando y utilizando los contenidos, las habilidades y las capacidades necesarias, y se van fortaleciendo las conexiones neurales que las sustentan.

Respecto a los cambios físicos y estructurales que provocan las influencias ambientales, y a las que responden los mecanismos de plasticidad cerebral, estudios clásicos de finales de los setenta pusieron de manifiesto que el enriquecimiento ambiental en modelos animales provocaba modificaciones importantes en el desarrollo cerebral, que consistían en un aumento en el número de conexiones entre **neuronas** y en cambios en la estructura morfológica de las mismas (Papa y otros, 1995). Posteriormente, otros estudios en humanos observaron que el aprendizaje y el enriquecimiento ambiental producían cambios morfológicos en los árboles dendríticos de las neuronas del **hipocampo**. Este hecho aumentaba el número de conexiones sinápticas, las cuales podrían explicar la mejora en el rendimiento cognitivo y, por tanto, una de las bases estructurales de la memoria.

Finalmente, uno de los estudios sobre cambios plásticos que se hizo más famoso y que quizá el lector pueda recordar es el que se hizo con los taxistas de Londres en los años noventa. En este estudio, se comparó el hipocampo (estructura cerebral crítica para el aprendizaje y la memoria espacial) de los taxistas de esta compleja ciudad con el de los conductores de autobús de esta. Los sorprendentes resultados mostraron que el tamaño hipocampal de

los primeros era significativamente mayor, puesto que ser taxista en Londres exigía memorizar miles de rutas y calles posibles para poder superar el examen requerido. Este estudio demostró de forma clara y evidente cómo la influencia del ambiente, es decir, haber aprendido miles de rutas urbanas, producía cambios físicos observables (aumento del volumen del hipocampo) en el cerebro de los taxistas (Maguire, Woollett y Spiers, 2006).

Los procesos de plasticidad cerebral subyacentes al aprendizaje son una propiedad del sistema nervioso y, por tanto, se trata de mecanismos fisiológicos innatos. Si bien existen hábitos de vida saludables que promueven dichos mecanismos, como la actividad física y la alimentación, el cerebro cambia su estructura de manera inevitable durante toda la vida para adaptarse al entorno, fortaleciendo así los aprendizajes a los que haya sido expuesto y, sobre todo, que hayan sido de utilidad.

Finalmente, es importante tener presente que los procesos de plasticidad cerebral subyacentes al aprendizaje son una propiedad del sistema nervioso y, por tanto, se trata de mecanismos fisiológicos innatos. Si bien existen hábitos de vida saludables que promueven dichos mecanismos, como la actividad física y la alimentación, el cerebro cambia su estructura de manera inevitable durante toda la vida para adaptarse al entorno, fortaleciendo así los aprendizajes a los que haya sido expuesto y, sobre todo, que hayan sido de utilidad. No olvidemos que la función biológica de la plasticidad cerebral es la adaptación del individuo y su supervivencia.

En este sentido, el cerebro de los alumnos y alumnas está preparado para adaptarse a las demandas que genere su entorno educativo. Así, si el ambiente exige solamente repetir y memorizar contenidos, la neuroplasticidad va a permitir que sus cerebros se adapten y se especialicen en ello. Por el contrario, si la demanda educativa incluye el desarrollo de otras funciones cognitivas complejas, como la capacidad de resolver problemas, la toma de decisiones y el pensamiento creativo, la plasticidad cerebral que subyace a sus aprendizajes va a permitir que sus cerebros se especialicen en este tipo de funciones. Con esta reflexión queremos animar a los centros educativos a discutir y reflexionar acerca de cuáles son las prioridades educativas, puesto que estas prioridades, y las prácticas educativas que giren en torno a las mismas, van a

determinar cómo se construye el cerebro del alumnado y se adapta a ellas.

Si el ambiente solo exige repetir y memorizar contenidos, la plasticidad cerebral hará que el alumnado se adapte y especialice en ello, pero si demanda funciones cognitivas más complejas, como la capacidad de resolver problemas, la toma de decisiones y el pensamiento creativo, la plasticidad permitirá especializarse en estas otras funciones.

¿Funcionan ambos hemisferios cerebrales de formas distintas?

En los humanos, y en otros animales vertebrados, los nervios de un lado del cuerpo se encuentran unidos al hemisferio del cerebro contralateral, es decir, del lado opuesto, de modo que el hemisferio cerebral derecho controla el lado izquierdo del cuerpo y el hemisferio cerebral izquierdo controla el lado derecho del cuerpo.

Esta lateralización implica, además, la preferencia por el uso de una mano o de un lado del cuerpo sobre el otro, lo que se ha denominado *lateralidad dominante*, y también la diferente distribución de las funciones cognitivas entre los dos hemisferios cerebrales, pudiéndose afirmar que el cerebro humano es funcionalmente asimétrico debido a esta lateralización.

La lateralidad, o uso preferente de un lado del cuerpo, se debe a que uno de los dos hemisferios cerebrales es dominante sobre el otro; en la mayoría de los casos, el hemisferio izquierdo sobre el hemisferio derecho. En este sentido, y teniendo en cuenta el uso preferente de mano, pie y ojo, se han descrito cuatro tipos de lateralidades diferentes:

1. *Diestra/zurda*. Es el uso preferente por una mitad del cuerpo (mano-pie-ojo), bien diestra o zurda. En el caso de la dominancia manual, un 90% de las personas son diestras y un 10% son zurdas.
2. *Ambidiestra*. Se refiere al uso igualmente eficaz de ambas mitades del cuerpo. En este caso, no habría una dominancia cerebral por ninguno de los hemisferios; hay pocas personas consideradas del todo ambidiestras.

3. *Lateralidad cruzada.* Se refiere al uso preferente por algunas partes de una mitad del cuerpo y otras de la otra mitad. Por ejemplo, personas con dominancia manual y de pie diestra, y dominancia ocular zurda. A pesar de que a menudo se ha relacionado esta lateralidad cruzada con varios problemas de aprendizaje (sobre todo con la dislexia) o de conducta, no hay evidencia científica que lo demuestre; aproximadamente. Además, aproximadamente un 30% de la población presenta lateralidad cruzada, sin que esto suponga ninguna dificultad de aprendizaje para la persona.

A menudo, se ha relacionado la lateralidad cruzada con problemas de aprendizaje o de conducta, pero no existe evidencia científica que lo demuestre.

4. *Lateralidad invertida.* Se da cuando la persona ha invertido el proceso de lateralidad que tenía por tendencia innata. Esta lateralidad contrariada es habitual en algunos niños y niñas zurdos a los que se obligó durante la infancia a usar la mano derecha.

Respecto a la asimetría cerebral, o distribución de las funciones cognitivas entre ambos hemisferios cerebrales, a menudo se ha entendido como una parcelación del encéfalo en áreas de especialización aisladas del resto del cerebro y del resto de las funciones cognitivas. Visión que dista mucho de la realidad.

Si bien es cierto que ciertos procesos mentales dependen más de un hemisferio cerebral que del otro, se debe tener presente que estas áreas o estructuras nunca trabajarán solas, sino que siempre están interconectadas con otras áreas del mismo hemisferio o del otro, gracias al cuerpo caloso (constituido por millones de axones de neuronas) que conecta ambos hemisferios y que hace que los hemisferios cerebrales intercambien información constantemente y trabajen siempre de manera conjunta. Así pues, no tiene sentido diseñar actividades para el desarrollo de uno de los dos hemisferios, dado que el cerebro trabaja como un todo, de forma global. Debemos entender la asimetría cerebral como una lateralización relativa de las funciones cognitivas, y no como una distribución de

funciones que hace que ambos hemisferios cerebrales trabajen de formas distintas.

Debemos entender la asimetría cerebral como una lateralización relativa de las funciones cognitivas, y no como una distribución de funciones que hace que ambos hemisferios cerebrales trabajen de formas distintas.

Con todo, el hemisferio izquierdo, considerado como el cerebro analítico, es el hemisferio del cual dependen en mayor medida funciones como el lenguaje, el habla, la memoria verbal, las matemáticas, la lectura o la escritura. Y el hemisferio derecho, considerado como el cerebro holístico o global, es el hemisferio del que dependen en mayor medida funciones como la prosodia, la música, las sensaciones táctiles, el reconocimiento de caras y de configuraciones geométricas, y el razonamiento visoespacial.

Aporte científico. El aprendizaje activo

En el artículo que os presentamos a continuación, Freeman y sus colaboradores (2014) realizaron un estudio de **metaanálisis** en el que analizaron más de 200 estudios en el contexto de asignaturas universitarias y preuniversitarias de ciencias, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas (STEAM), siendo el metaanálisis más amplio y completo de asignaturas del área STEAM publicado hasta la fecha.

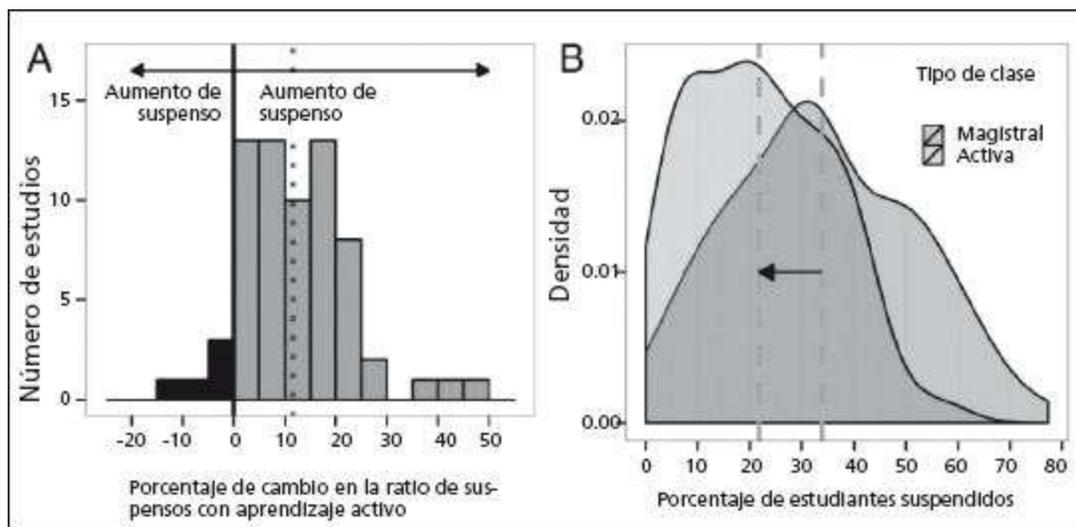
El objetivo principal del estudio era evaluar la influencia del tipo de metodología docente utilizada sobre el rendimiento académico de los diferentes grupos de alumnos y alumnas. En todas las investigaciones que incluyó el metaanálisis se comparaban dos grupos de estudiantes con metodologías diferentes: en el primer grupo se utilizaba una metodología docente tipo clase magistral, mientras que en el segundo grupo se utilizaba una metodología de aprendizaje globalizador eminentemente activa. Una de las ventajas de este tipo de metaanálisis es que los resultados son robustos, por el gran número de estudios, así como por el rigor metodológico de los criterios de inclusión de estos.

La principal conclusión del estudio reveló que el uso de metodologías activas mejoraba de forma significativa los resultados académicos del alumnado, disminuyendo el número de alumnos y

alumnas que suspendían las asignaturas y aumentando su asistencia a clase frente al uso de la clase magistral en esas materias (cuadro 3). Si bien el aprendizaje activo pareció ser efectivo en todos los tamaños de grupo-clase, fue especialmente eficaz en los grupos más pequeños (de menos de 50 alumnos por clase), puesto que una ratio docente-alumno menor suele incidir en una mejor atención a las demandas y necesidades del alumnado.

Frente al uso de clases magistrales, las metodologías activas mejoraban de forma significativa los resultados académicos del alumnado, disminuyendo el número aquellos que suspendían las asignaturas y aumentando su asistencia a clase.

Cuadro 3. Resultados en el nivel de aprendizaje del alumnado. (A) Gráfica de barras donde se muestra el cambio en el porcentaje de estudiantes suspendidos en el mismo curso, en aprendizaje activo frente a clases magistrales. El cambio medio (12%) se indica mediante la línea vertical punteada. (B) Gráfica de Kernel con el porcentaje de estudiantes que suspenden en metodologías de aprendizaje activo y en clases magistrales. Las tasas medias de suspenso en cada tipo de metodología docente (21,8% para metodología activa y 33,8% para clase magistral) se muestran con líneas verticales discontinuas



Fuente: Adaptado de Freeman y otros, 2014.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto el peor rendimiento obtenido con las metodologías pasivas, en las que el alumnado solo escucha el discurso que dicta el docente, y cuestionan el uso continuado de estas clases de tipo magistral como metodología docente más habitual y tradicional en el ámbito académico. Por el

contrario, estudios como el que presentamos ponen en valor de forma empírica la importancia de favorecer el uso de metodologías activas en el aula, en las que se aprende haciendo, como mejora del diseño de las situaciones de enseñanza-aprendizaje y de los procesos de aprendizaje del alumnado.

Hay evidencias de un peor rendimiento con las metodologías pasivas frente a las activas, lo que cuestiona su uso continuado como metodología docente más habitual y tradicional en el ámbito académico.

En la práctica

Aprendizaje globalizado

Como hemos comentado en la idea clave 1 (p. 21), uno de los neuromitos más extendidos es la creencia de que nuestro cerebro está parcelado en áreas especializadas que trabajan de forma independiente según el contenido que se demande desde el exterior. Como si tuviéramos una área en el cerebro que se dedicara solo a las matemáticas, otra a la lengua y otra a las ciencias sociales, y eso justificara que desde la práctica pedagógica se trabajen diferentes contenidos curriculares de forma independiente y separada, como se ha venido haciendo tradicionalmente con un modelo pedagógico basado en la transmisión unidireccional de conocimientos del maestro al alumnado y parcelado en asignaturas o materias independientes (Carballo-Márquez y otros, 2017).

En cambio, actualmente, se puede entender el funcionamiento cerebral de una forma más global y holística, y esta visión correlaciona con aproximaciones pedagógicas a las situaciones de enseñanza-aprendizaje más globalizadas y transversales, como el aprendizaje basado en problemas o el trabajo por proyectos. En los métodos basados en el aprendizaje globalizado, no se fragmentan los contenidos curriculares por áreas independientes y se administran al discente de forma separada, sino que se contempla el aprendizaje de diferentes

áreas y contenidos de forma conjunta y contextualizada, cediendo un mayor protagonismo a los que aprenden en detrimento de los que enseñan. Actualmente, se han identificado diferentes elementos que intervienen y determinan los procesos de aprendizaje y memoria (curiosidad, aprendizaje activo, aprendizaje cooperativo, **creatividad**), y muchos de ellos coinciden en el trabajo o aprendizaje globalizado.

Las diferentes metodologías docentes que se enmarcan en el aprendizaje globalizado (trabajo por proyectos, aprendizaje basado en problemas, intervención competencial, centros de interés, proyectos interdisciplinarios, aprendizaje-servicio, etc.) nacen del fuerte interés por dar respuesta a un enfoque de la educación más holístico e integral que diferentes instituciones internacionales reclaman para que el campo educativo se adapte al contexto del nuevo siglo.

Uno de estos primeros documentos fue el conocido como *Informe Delors* (1996), un estudio para la Unesco de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI, presidida por Jacques Delors, en el que diversos expertos de diferentes nacionalidades definieron los cuatro pilares básicos de la educación: *aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a vivir juntos y aprender a ser*. Este primer informe puso de relieve la necesidad de dar prioridad a otros aspectos más competenciales e integrales, en detrimento de la mera adquisición y memorización de conocimientos, entendiendo que un enfoque competencial puede garantizar una mejor adaptación a un futuro incierto y cambiante.

Los proyectos globalizados dan respuesta a estos principios, puesto que se basan en una metodología que otorga un papel muy activo al que aprende, facilitando que aprenda a pensar por él mismo y de forma crítica, a investigar, a aprender de sus errores y de sus aciertos. Y aplicando estos proyectos en el mundo real, más allá del aula, creando situaciones de enseñanza-aprendizaje interdisciplinarias, con un significado y una utilidad real, en lugar de ofrecer lecciones aisladas, como se ha hecho tradicionalmente en la escuela. La metodología del trabajo globalizado es una estrategia de enseñanza-aprendizaje

que respeta y optimiza las oportunidades de aprendizaje atendiendo a la diversidad presente en un aula, y que defiende un aprendizaje más personal y personalizado como respuesta a la pluralidad inevitable.

En una situación de aprendizaje globalizado, el papel del docente debe dejar de ser el de una persona que únicamente comunica y transfiere contenidos al grupo de estudiantes, los cuales pasivamente los escuchan e intentan retener. De este modo, un cambio pedagógico como este implica, necesariamente, un cambio de rol del docente. En este caso, el papel principal del maestro se caracteriza por guiar y facilitar la resolución de problemas, la situación de aprendizaje y los diferentes materiales, así como ofrecer preguntas clave y apoyos que el grupo de alumnos y alumnas pueda necesitar realmente durante el proceso de aprendizaje.

En este tipo de interacciones, también se permite que el maestro pueda realizar una evaluación de tipo formativa, pues se le permite evaluar todo el proceso y no solamente su resultado final. Además, en estas situaciones de aprendizaje, se promueve que el docente pueda conocer más a su alumnado, objetivo mucho más difícil de lograr en las clases magistrales, en las que se dan un menor número de interacciones entre docente y alumno.

Las metodologías pedagógicas globalizadoras ofrecen modelos y pautas de actuación y reflexión con el objetivo de articular los contenidos para que estén claramente orientados a un objetivo concreto que tenga un sentido para el alumno, priorizando que sean contenidos en los que sea consciente de cuál es la utilidad de sus aprendizajes. Una sociedad cada vez más globalizada debería disfrutar de una educación también global.

Características principales del aprendizaje globalizado

Interdisciplinariedad

Teniendo en cuenta lo que se ha expuesto hasta el momento, es fácil intuir que una visión globalizada del aprendizaje implica que

los contenidos de las distintas áreas curriculares y, consecuentemente, los objetivos pedagógicos asuman esta perspectiva; por tanto, que estén integrados para que puedan ser interpretados en un marco más amplio. Desde este punto de vista, el alumno debe poder conectar y relacionar los contenidos de áreas diferentes, entendiendo que el objetivo y su utilidad pueden ser comunes. Además, con una aproximación interdisciplinaria de la enseñanza, se estará favoreciendo la implicación de mayores y más extensas redes neurales en el proceso de aprendizaje. Así, tal y como se ha mencionado anteriormente, cuanto mayor es la participación de áreas cerebrales distribuidas, más significativo deviene ese aprendizaje y más fácilmente recuperable va a ser, puesto que vamos a poder acceder a él y recordarlo a través de diferentes vías de entrada.

Autoaprendizaje

Se refiere a la forma como se aprende por sí mismo, mediante estudios o experiencia propia. Es un proceso de adquisición de conocimientos, habilidades, valores y actitudes en el que el alumnado busca por sí mismo la información, la utiliza, y resuelve los problemas que se le han planteado o que él mismo se plantea. La capacidad de autoaprendizaje es cada vez más realista gracias a la mejora radical del acceso a las tecnologías de la información y la comunicación en el aula. Además, en los procesos de autoaprendizaje, el alumno es consciente de su propio desarrollo y es capaz de autorregular su aprendizaje. Por ejemplo, puede tomar decisiones, modificar su comportamiento y plantearse objetivos específicos en función de sus intereses y necesidades. Esta característica hace que se fomente la competencia de aprender a aprender, refuerza la autoestima individual y empodera al aprendiz de su propio proceso de aprendizaje.

Interacción social

El aprendizaje global es intrínsecamente social. En este tipo de metodologías se permite que haya una interdependencia positiva entre todos los miembros del grupo mediante interacciones

personales de apoyo y ayuda mutuos, como se dan en las estructuras de trabajo cooperativo. Además, existe una responsabilidad personal individual, así como una grupal, a la vez que estas interacciones permiten el desarrollo de competencias interpersonales, habilidades sociales y una **autoevaluación** frecuente del funcionamiento del grupo. Se hará una descripción más detallada de la importancia del aprendizaje social en la idea clave 8 (p. 149).



Idea clave 3

¿Qué factor es más importante en el desarrollo de los niños y niñas y sus capacidades, la herencia o el ambiente?



Epigenética: la genética predispone, el ambiente determina y, en el mejor de los casos, optimiza el desarrollo de los niños y niñas y adolescentes.

Herencia frente a ambiente

El debate herencia-ambiente sobre cuál de los dos aspectos tiene una mayor influencia en el desarrollo humano es un dilema antiguo. Ya Platón se preguntaba si los humanos nacemos o nos hacemos y, aunque antigua, es una cuestión que hoy en día sigue suscitando mucho interés en el campo neurocientífico.

Tradicionalmente, y durante el siglo xx, ha habido dos posturas psicológicas diferenciadas respecto a esta cuestión. Por un lado, una fuerte tradición, principalmente biologicista, confiere un mayor peso a la herencia genética; y ha sido liderada por autores con una fuerte influencia biológica y darwinista, como Piaget. Por otro lado, una

corriente principalmente ambientalista atribuye una mayor relevancia al efecto moldeador del entorno; liderada por psicólogos conductistas como Watson o Skinner, que considera que las personas nacemos como una *tabula rasa* y que son las influencias ambientales las que determinaban cómo acabamos siendo.

Actualmente, sabemos que tanto la herencia genética como el ambiente desempeñan un papel fundamental e interactúan de forma recíproca en la guía del desarrollo y el aprendizaje de niños y niñas y adolescentes. Científicamente, existe cierto consenso en considerar que la herencia biológica, la carga genética que heredamos de nuestros progenitores, nos predispone, y, a la vez, nos limita a desarrollar ciertas habilidades, pero que es el ambiente el que determina su expresión, y en el mejor de los casos la optimiza.

Un ejemplo paradigmático es el de Mozart. El genio de la música clásica ya heredó una predisposición genética hacia la música de su progenitor (músico al servicio del príncipe arzobispo de Salzburgo), quien, además, como también tenía los recursos económicos necesarios, pudo potenciar las habilidades musicales de su hijo desde su más tierna infancia. En cambio, si Mozart hubiera nacido en una familia con menos recursos, aunque hubiera contado con la misma predisposición genética, no habría podido desarrollar tales habilidades, debido a la carencia de la estimulación ambiental necesaria.

Así pues, es la interacción y la combinación de las tendencias hereditarias de una persona (herencia genética) y sus experiencias de vida (contexto social y educación) lo que modela las respuestas conductuales del individuo y el sustrato neurobiológico del que dependen. Por tanto, trasladaríamos la disputa entre naturaleza y entorno a entender de qué manera el efecto de la genética dependerá del ambiente y cómo el ambiente tendrá unos efectos en función de la genética del individuo (Sameroff, 2010).

Dentro del campo de las neurociencias, la psicogenética o genética de la conducta es la disciplina que se interesa por este tema. Tiene como objeto de estudio los cocientes de **heredabilidad** de las características de personalidad y de las enfermedades psicopatológicas. Así, los estudios pretenden explicar las bases genéticas que pueden estar detrás de que en una misma familia

haya una mayor prevalencia de ciertos rasgos, como la extraversión, o de psicopatologías, como la depresión, que en la población general.

Para intentar precisar al máximo estos cocientes, se han realizado estudios principalmente con hermanos gemelos monocigóticos, puesto que comparten toda su carga genética, y cualquier diferencia que podamos detectar en ellos es debida a las influencias ambientales. Con todo, estas ecuaciones no son tan sencillas, puesto que los gemelos monocigóticos no solo comparten el mismo código de ácido desoxirribonucleico (ADN), sino que además comparten la mayor parte del ambiente, crecen en la misma familia, comparten escuela y viven en el mismo contexto sociocultural e histórico. Por ello, se ha intentado incidir con mayor interés en el peso que tiene el ambiente no compartido, es decir, todas aquellas vivencias, experiencias y contextos que los gemelos no comparten, que determinarán principalmente sus diferencias y que irán en aumento con el paso del tiempo, como puede ser el entorno profesional, las amistades, la pareja afectiva o el estilo de vida.

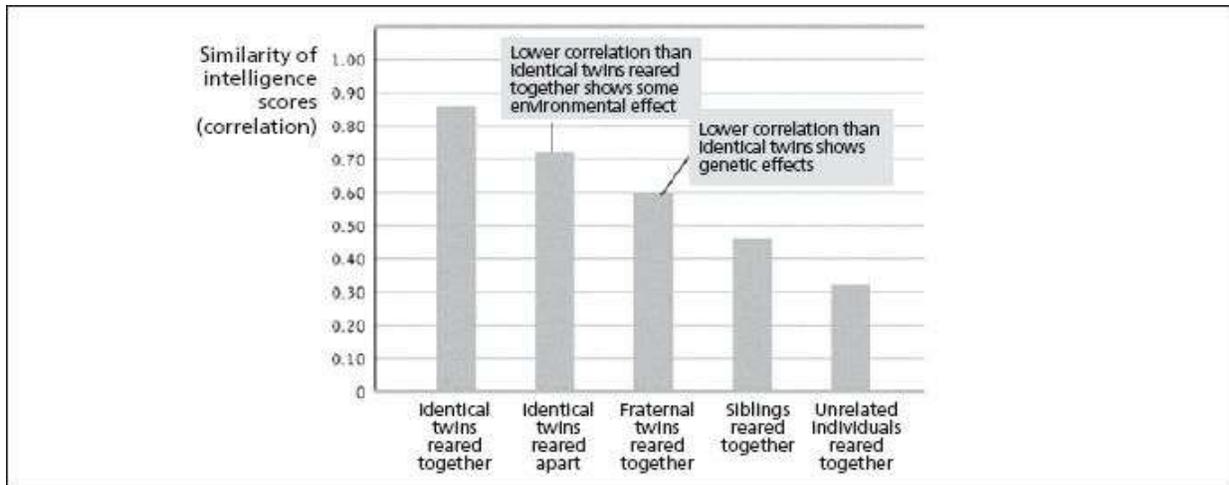
Respecto a evaluar el papel del ambiente no compartido, muchos estudios de genética de la conducta han utilizado parejas de gemelos idénticos que se han criado en ambientes distintos, puesto que fueron dados en adopción a familias diferentes. Hubo casos que se hicieron muy famosos en los años setenta y ochenta, ya que algunos de ellos se reencontraban en la edad adulta sin saber que tenían un hermano gemelo y se daban cuenta de las muchas similitudes que había entre ellos.

Algunas de las variables estudiadas y cuyos cocientes de heredabilidad son más elevados son el cociente de inteligencia (cuadro 4), los trastornos psicóticos severos como la esquizofrenia o el trastorno bipolar, y el **trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH)**, cuya expresión parece que dependería en gran parte de la herencia genética.

Dado que el proceso de construcción de la propia identidad y de la personalidad es un proceso complejo y prolongado en el tiempo, se suele recomendar a las escuelas de más de una línea que separen a los hermanos gemelos idénticos en clases distintas. Esto se hace para intentar favorecer que cada uno de ellos pueda construir su

propia identidad separada de la de su hermano, gracias a las imágenes que les retornarán los compañeros y compañeras de forma individual y única.

Cuadro 4. Correlaciones en inteligencia entre hermanos gemelos monocigóticos y dicigóticos criados juntos y separados. Los resultados muestran tanto efectos ambientales como genéticos en las puntuaciones de inteligencia



Fuente: Myers, 2006

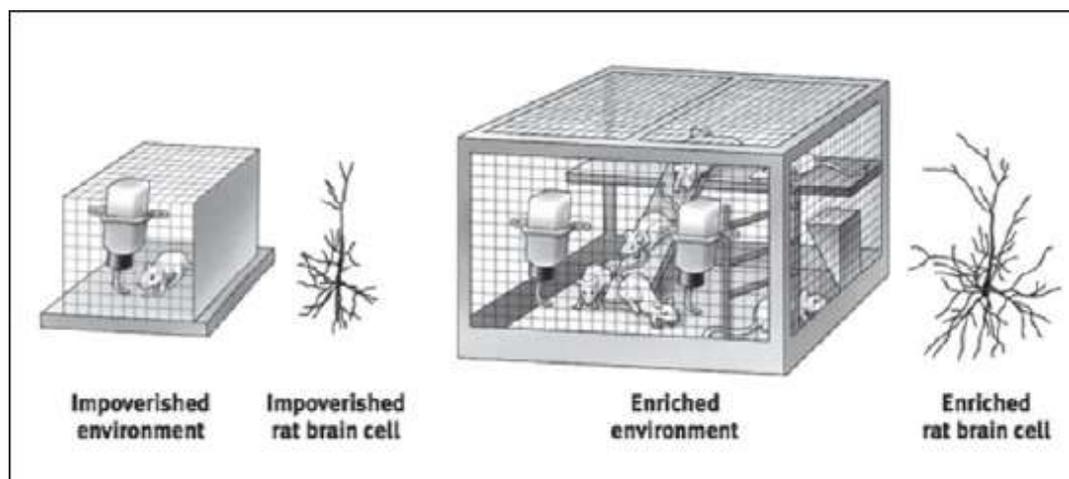
¿Ambientes enriquecidos o sobreestimulación?

En los años setenta, fueron muy famosos los trabajos del Dr. Franz Rosenzweig con el objetivo de intentar medir los efectos de las influencias ambientales sobre aspectos estructurales y arquitectónicos del cerebro (Bennett y otros, 1964). Para ello, se estudiaron los cerebros de ratas que fueron criadas en entornos diferentes. Por un lado, se analizó el desarrollo neuronal de ratas estabuladas solas en jaulas con comida y bebida (entorno empobrecido); por otro, el desarrollo neuronal de otras ratas que fueron estabuladas en jaulas más grandes junto con otras ratas y que disponían de objetos con los que poder jugar (entorno enriquecido).

Lo que observaron en esta serie de catorce experimentos es que los animales que habían sido criados en el entorno enriquecido presentaban una mayor densidad cortical, más prolongaciones dendríticas y un número mayor de sinapsis (hasta un 20% más) que las ratas que había sido criadas en solitario (cuadro 5).

Estos estudios fomentaron y promovieron ampliamente la idea de que los niños y niñas necesitaban crecer y ser estimulados en entornos especialmente enriquecidos para poder maximizar y optimizar su **neurodesarrollo** a través de programas y productos comerciales que prometían hacer de ellos futuros genios, cayendo, a menudo, en el riesgo de la sobreestimulación.

Cuadro 5. Diagrama que reproduce los experimentos de enriquecimiento ambiental de Franz Rosenzweig



Fuente: Myers, 2006

Curiosamente, lo que se discutió con el tiempo es que las ratas que habían sido estabuladas solas en jaulas individuales no fueron criadas en una situación normal para ellas, puesto que los roedores en entornos naturales no viven aislados y en solitario, sino que viven junto con otros roedores en contextos que permiten el juego y el movimiento, como en el ambiente supuestamente enriquecido. Así pues, los resultados fueron reinterpretados, de manera que las ratas criadas en solitario habían sufrido una privación sensorial y afectiva viviendo en un ambiente empobrecido, y las ratas criadas en

el ambiente denominado *enriquecido* habían recibido una estimulación sensorial, motriz y social normal.

Trasladando estos resultados a nuestra especie, podríamos afirmar que no hace falta que los niños estén expuestos a entornos exageradamente enriquecidos con multitud de estímulos artificiales, ni que deban seguir programas específicos de estimulación ambiental supuestamente diseñados para hacerlos más inteligentes. Si no hay ninguna afectación neurológica ni ningún trastorno del neurodesarrollo que demande una intervención especializada, los niños y niñas para su óptimo y funcional neurodesarrollo únicamente necesitan crecer en un entorno con una estimulación normal, socialmente interactiva y diversa, sensorialmente rica y variada, motrizmente interesante y, sobre todo, emocionalmente cálida, segura y afectuosa.

Los entornos excesivamente enriquecidos o los programas de estimulación ambiental para hacer al niño más inteligente son innecesarios; basta con una estimulación normal y, sobre todo, emocionalmente cálida, segura y afectuosa.

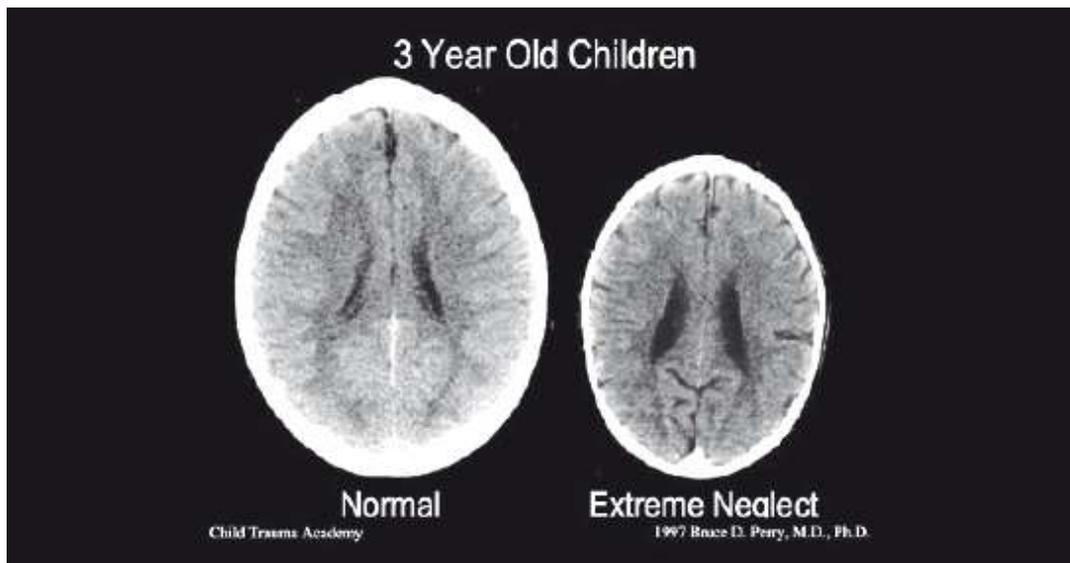
Por otro lado, lo que estos y otros experimentos parecen mostrar es que los estados de privación sensorial y emocional sí tendrían efectos muy perjudiciales para el neurodesarrollo de los niños y niñas. En este sentido, los estudios demuestran que padecer de forma continuada una falta de estimulación del entorno, tanto sensoriomotriz como socioafectiva, conlleva repercusiones y secuelas muy negativas en el desarrollo cerebral y en la construcción de la personalidad, favoreciendo, sobre todo, la presencia de psicopatologías, alteraciones endocrinas y retrasos madurativos que se pueden extender hasta la adolescencia y la edad adulta (Beckett y otros, 2006; Carlson y Earls, 1997).

Desafortunadamente, existen diversos estudios que muestran estos efectos adversos en niños y niñas institucionalizados en orfanatos de países del Este donde solo han sido alimentados y aseados, pero a los que no han hablado, tocado o amado, y cuya salud mental y física están comprometidas debido a la elevada vulnerabilidad del daño neurológico y psicológico que acompaña estos estados de privación y negligencia extremas (O'Connor y otros, 2000) (imagen 1).

En los casos en que los niños y niñas puedan estar padeciendo situaciones de negligencia graves en su entorno familiar, tanto a nivel de estimulación sensorial y cognitiva como a nivel emocional y afectivo, es importante que la escuela ejerza un papel compensador que va a resultar crítico y especialmente relevante en su neurodesarrollo, además de derivar a los servicios correspondientes, en caso de ser necesario, para procurar la protección de la infancia. A menudo, los niños y niñas pasan más horas en contacto con sus maestras que con sus progenitores, y no debemos descuidar atender de forma equitativa a nuestro alumnado, dando más apoyo y más oportunidades a aquellos que más lo necesitan.

En los casos en los que los niños puedan estar padeciendo situaciones de negligencia graves en su entorno familiar, tanto a nivel de estimulación sensorial y cognitiva como a nivel emocional y afectivo, es importante que la escuela ejerza un papel compensador que va a resultar crítico y especialmente relevante en su neurodesarrollo.

Imagen 1. Tomografía axial computerizada (TAC) de dos niños de 3 años de edad: uno ha recibido unos cuidados y una interacción social normal, el otro ha sido extremadamente negligido. Este último muestra un claro deterioro en el proceso de crecimiento cerebral y un desarrollo cortical anormal con ensanchamiento de los ventrículos laterales y un menor desarrollo de la corteza cerebral



Fuente: Perry y Pollard, 1997

Cerebro y estrés

La respuesta de **estrés**, asociada a la respuesta de miedo, se inicia en el cerebro y afecta a este, pero también a otros sistemas de nuestro organismo. Es el cerebro, básicamente una estructura llamada **amígdala**, el que detecta y determina si el estímulo con el que nos encontramos es amenazante o no. En el caso de que lo sea, activa la respuesta fisiológica de estrés que nos prepara para huir o luchar, procurando por nuestra supervivencia. La respuesta de estrés no es negativa. Si nuestro cerebro la ha conservado a lo largo de nuestra evolución es que ha sido una respuesta necesaria para nuestra supervivencia, puesto que nos permite reaccionar de una forma rápida e instintiva ante un peligro o ante una amenaza a nuestra integridad física o mental.

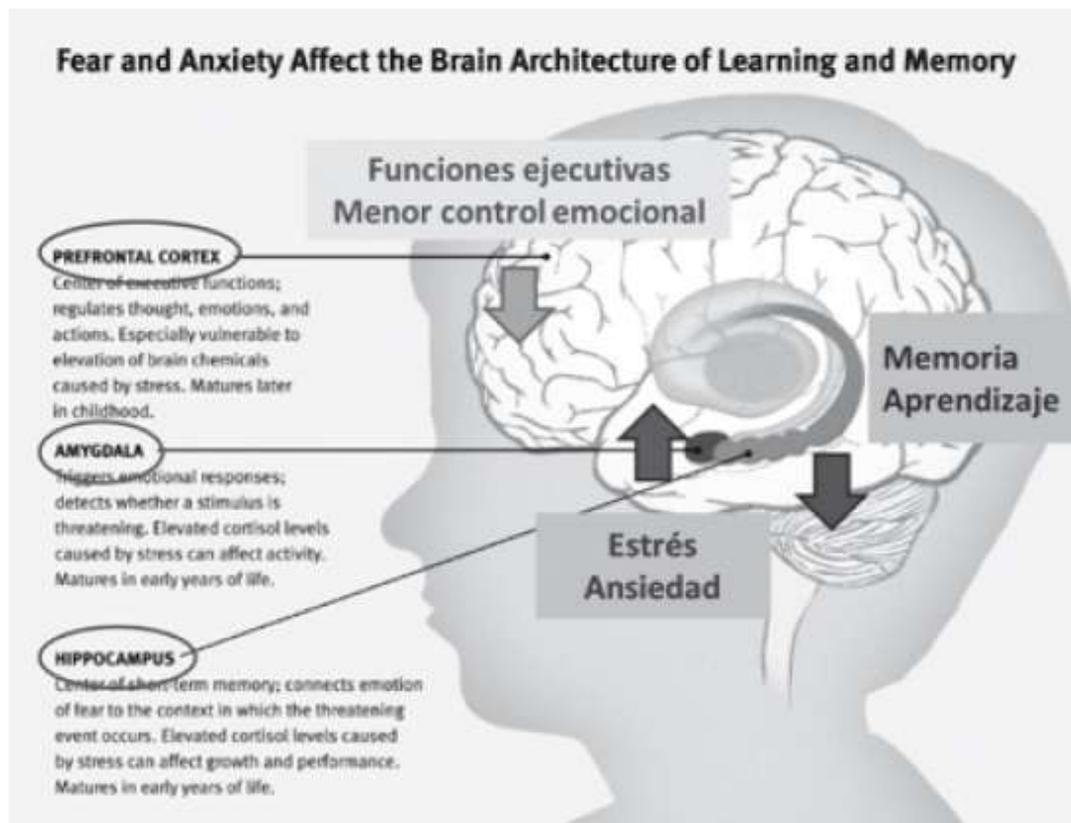
Cuando la amígdala responde al estímulo peligroso, activa rápida e inconscientemente el eje hipotalámico-hipofisario adrenal (HHA), como si de un *botón del pánico* se tratara y que, a su vez, activa toda la respuesta fisiológica del estrés. Este eje, que recluta diferentes estructuras **subcorticales**, finaliza con la liberación de las hormonas del estrés por parte de las glándulas suprarrenales, localizadas en la parte superior de los riñones, básicamente cortisol, al torrente sanguíneo. En paralelo, la respuesta fisiológica de estrés provoca también la activación de la rama simpática del sistema nervioso autónomo, que produce la liberación de adrenalina y noradrenalina en sangre, preparando al organismo para actuar y consumir energía gracias al aumento del ritmo cardíaco, la dilatación de los bronquios, el aumento de la presión arterial, la inhibición de la digestión y la liberación de glucosa por parte del hígado, entre otros factores.

Los incrementos transitorios de estas hormonas del estrés tienen una función protectora e incluso fundamental para la supervivencia. Sin embargo, cuando esta respuesta fisiológica de estrés es prolongada en el tiempo, la exposición a estas sustancias deviene tóxica, produciendo un efecto de desgaste en el SNC, el sistema inmunitario, el sistema endocrino y el aparato cardiovascular (McEwen, 2005).

Las hormonas del estrés tienen una función protectora e incluso fundamental para la supervivencia, pero en situaciones de estrés prolongado producen un efecto de desgaste en el SNC.

Respecto a los efectos del estrés sobre el SNC, debemos tener en cuenta que siempre van a ser mayores en un cerebro inmaduro y en desarrollo que sobre un cerebro ya maduro, puesto que la mayor plasticidad de un cerebro infantil y adolescente va también acompañada de una mayor vulnerabilidad a los efectos del ambiente sobre la construcción de los circuitos y la arquitectura cerebral que todavía se están creando (cuadro 6).

Cuadro 6. Efectos del estrés crónico y tóxico en el SNC inmaduro



Fuente: Adaptado de National Scientific Council on the Developing Child, 2010

En este sentido, el estrés crónico y sostenido en la vida de los niños y niñas en sus primeros años de vida es un factor de riesgo muy serio y desconocido. Muchos estudios con animales demuestran que estas experiencias vitales durante la infancia tienen efectos persistentes en la regulación hormonal y en las respuestas de estrés en la edad adulta (Huot y otros, 2004). Y resultados similares se han obtenido en estudios con niños y niñas que han sido

institucionalizados o que han sufrido maltrato durante su infancia (Tottenham y otros, 2010).

Por un lado, una respuesta crónica de estrés produce una mayor activación de la amígdala, que, como hemos comentado anteriormente, es la principal estructura encargada de determinar si el estímulo es amenazante o no, e iniciar la respuesta del estrés. Esto quiere decir que una amígdala hiperactiva será más sensible al estrés y se activará más fácilmente ante una situación amenazante, de manera que, a mayor estrés, mayor respuesta de estrés, generándose así un círculo vicioso que fácilmente puede desencadenar un trastorno de ansiedad o del estado de ánimo, ya sea en la adolescencia o en la edad adulta.

El estrés crónico y sostenido en la vida de los niños y niñas en sus primeros años de vida es un factor de riesgo muy serio y desconocido.

Por otro lado, diversos estudios han relacionado el estrés crónico con efectos claramente neurotóxicos (pérdida de neuronas y de conexiones neurales) y una disminución de la creación de nuevas neuronas (**neurogénesis**) en el hipocampo de estos niños y niñas. El hipocampo es la estructura cerebral más claramente implicada en los procesos de consolidación de la memoria y de creación de nuevos recuerdos, de manera que una mayor muerte neuronal y una menor actividad de esta estructura podrían conllevar problemas de memoria y de aprendizaje posteriormente.

El hipocampo es la estructura cerebral más claramente implicada en los procesos de consolidación de la memoria y de creación de nuevos recuerdos, de manera que una mayor muerte neuronal y una menor actividad de esta estructura podrían conllevar problemas de memoria y de aprendizaje.

Por último, muchas otras investigaciones han observado también una disminución del tamaño de la corteza prefrontal asociada a una pérdida de sus conexiones. Esta región se considera la sede neurológica de las principales funciones ejecutivas (como veremos en la idea clave 9, p. 165), de manera que los niños y niñas que han padecido respuestas de estrés crónicas y sostenidas durante su infancia pueden presentar dificultades, en especial en su capacidad de **memoria de trabajo**, en el control inhibitorio y en la autorregulación emocional, durante la adolescencia y también la

edad adulta. Además, una hipofunción de esta corteza prefrontal contribuirá a una mayor actividad de la respuesta de estrés por parte de la amígdala, puesto que el control inhibitorio que debería ejercer sobre esta estructura para regular la respuesta emocional se verá disminuido.

Como hemos visto, la literatura científica acumula mucha evidencia científica que relaciona el estrés tóxico, crónico y sostenido en el tiempo durante la infancia con una huella biológica que va a suponer un factor de riesgo para desarrollar enfermedades, tanto físicas como psicológicas, a lo largo de la vida. Por el contrario, sabemos que recibir unos cuidados afectuosos y emocionalmente seguros y consistentes durante la infancia que permitan la creación de un **vínculo de apego** seguro va a suponer un factor protector clave para cualquier tipo de afectación, sobre todo, ante la respuesta de estrés.

Los niños y niñas que han padecido respuestas de estrés crónicas y sostenidas durante su infancia pueden presentar en la adolescencia y edad adulta dificultades en la capacidad de memoria de trabajo, el control inhibitorio y la autorregulación emocional.

Se han realizado también estudios longitudinales, es decir, de seguimiento a lo largo de los años, de niños y niñas que fueron víctimas de negligencia y de abuso de forma continuada en la infancia. Se ha observado que presentan un mayor riesgo de padecer déficits cognitivos, dificultades sociales y emocionales y trastornos mentales (sobre todo trastornos depresivos, de ansiedad y conducta adictivas), así como enfermedades físicas (asma, diabetes, enfermedades cardiovasculares y autoinmunes) (Danese y otros, 2009).

El contacto físico y los cuidados maternos sensibles y receptivos a las demandas del bebé favorecen niveles de cortisol menores, e incluso una mayor protección ante una predisposición genética a respuestas de estrés extremas.

Por otro lado, diversos estudios han demostrado que recibir abundante contacto físico y cuidados maternos sensibles y receptivos a las demandas del bebé de forma temprana favorece unos niveles de cortisol menores e incluso una mayor protección ante una predisposición genética a respuestas de estrés extremas; mientras que menores con un apego inseguro producen mayor

cortisol que aquellos que presentan un apego seguro. Por ello, se ha estudiado el efecto protector que supone el establecimiento de un vínculo de apego seguro con la persona o personas cuidadoras principales (Schore, 2000), entendiendo como vínculo de apego seguro el lazo emocional que se establece entre el menor y su figura de apego, que proporciona al sujeto la seguridad emocional necesaria para poder desarrollarse personalmente de forma integral.

El vínculo de apego es una conducta universal y se da en todas las culturas de nuestro planeta de forma natural e innata, de manera que estamos biológicamente preparados y diseñados para recibir una interacción social afectuosa y sensible que permita la supervivencia de la cría y de la especie. Necesitamos que otros sujetos adultos de nuestra especie *se enamoren de nosotros* para que respondan y atiendan a nuestras necesidades, por encima de las suyas propias, hasta ser suficientemente autónomos como para valernos por nosotros mismos.

El vínculo de apego es una conducta universal y se da en todas las culturas de nuestro planeta. Necesitamos que otros adultos de nuestra especie *se enamoren de nosotros* para que respondan y atiendan a nuestras necesidades, por encima de las suyas propias, hasta ser suficientemente autónomos como para valernos por nosotros mismos.

Cuando un cerebro diseñado para recibir este tipo de atención y cuidados no los recibe de forma crónica o sostenida, esto se interpreta en nuestro cerebro como una señal de alarma, como una situación amenazante y peligrosa. De hecho, su supervivencia está en peligro si no hay alguien que responda a sus necesidades, de manera que la amígdala dispara la activación del eje HHA y la respuesta de estrés de forma continuada y sostenida, alterándose así la construcción del cerebro en desarrollo y dejando una huella biológica que va a suponer un factor de riesgo y de vulnerabilidad para toda la vida.

En este punto, deben preocuparnos especialmente los casos de negligencia emocional y afectiva, puesto que es un tipo de maltrato mucho más prevalente de lo que se cree. A menudo, es invisible, ya que no deja señal externa. Nos referimos sobre todo a niños y niñas que crecen en entornos en los que se les atiende poco, que probablemente tengan las necesidades físicas cubiertas, pero no así

las afectivas y emocionales, debido, con frecuencia, a la poca presencia y la poca interacción con sus progenitores. En este contexto, se pueden desarrollar vínculos de apego inseguros debido a un estilo de crianza inconsistente o indiscriminado que no proporciona la seguridad necesaria para establecer un vínculo seguro con las figuras de referencia.

Deben preocuparnos especialmente los casos de negligencia emocional y afectiva criaturas que crecen en entornos donde se las desatiende afectiva y emocionalmente debido a la poca presencia y la poca interacción con sus progenitores.

Con todo, no cualquier respuesta de estrés es mala, y el Centro de Desarrollo Infantil de Harvard (2012) ha propuesto una clasificación en la que se contemplan tres tipos de respuesta al estrés presentes en los niños y niñas más pequeños:

1. *Estrés positivo*. Se dan breves incrementos del ritmo cardíaco, leves elevaciones de los niveles de la hormona del estrés ligados a experiencias estresantes de carácter periódico y previsible, como podría ser el primer día de colegio o ir al dentista. Cuando se afronta el estrés con un entorno estable a partir de relaciones de apoyo, se está favoreciendo un desarrollo normal, de modo que se pueden aprender las respuestas adaptativas al estrés. Además, el hecho de experimentar este tipo de situaciones hace que los niños y niñas puedan aprender a gestionar y desenvolverse ante este tipo de pequeñas adversidades comunes; por consiguiente, se promueve que desarrollen su capacidad de autonomía y resiliencia.
2. *Estrés tolerable*. Suelen ser situaciones graves y en las que se dan respuestas temporales al estrés, compensadas con relaciones de apoyo cuando el estrés no es diario ni previsible, sino que es imprevisto. Un ejemplo puede ser el divorcio de los progenitores o la muerte de un familiar. Ante adversidades como estas, es importante como factor protector el papel compensador que ejercen los adultos que están al cuidado del niño y su vínculo de apego seguro, de manera que el riesgo de que el organismo responda al estrés de una manera excesiva, con posibles daños fisiológicos a largo plazo, se reduce significativamente.

3. *Estrés tóxico*. Se da una aguda, frecuente y prolongada activación del sistema de respuesta al estrés en ausencia de relaciones de protección que puedan amortiguar el proceso.

Como podemos ver, hay un tipo de estrés que no solo no es nocivo, sino que incluso es deseable y adaptativo para el niño y para su desarrollo: el estrés positivo. Por tanto, es importante que el menor sea capaz de afrontar ciertos tipos de adversidades y de estresores puntuales, y que tenga que resolver problemas sintiéndose capaz de hacerlo, para poder así construir su capacidad de afrontamiento y su capacidad resiliente, como habilidades fundamentales para la vida. Por el contrario, hoy en día, en algunas familias se tolera tan mal que los hijos sufran el más mínimo estrés que se hace cualquier cosa para evitar que afronten problemas, cayendo en una sobreprotección excesiva que, en realidad, les desprotege para la vida adulta. Es lo que se viene denominando *hiperpaternidad* o *hipermaternidad*, o padres y madres helicóptero.

El menor debe poder afrontar ciertos tipos de adversidades y de estresores puntuales, para poder así construir su capacidad de afrontamiento y su capacidad resiliente.

La *hiperpaternidad* se caracteriza, principalmente, por una atención excesiva a los hijos y una perpetua y sostenida supervisión de todo lo que hacen. Los *hiperpadres* resuelven sistemáticamente los problemas a sus hijos e hijas, los justifican continuamente y les evitan cualquier tipo de situación mínimamente estresante para evitar su malestar. Este estilo de crianza tiene graves consecuencias, porque no permiten que los niños y niñas afronten y resuelvan problemas por sí mismos, haciéndolos así menos autónomos, menos capaces, menos resolutivos, más débiles e inseguros; en definitiva, con menos recursos y herramientas para desenvolverse de forma satisfactoria en la vida adulta.

Por ello, es importante afrontar de manera autónoma, ya desde la infancia, los problemas y adversidades que, eso sí, estén ajustadas a sus capacidades, para promover el desarrollo de la resiliencia, la creatividad, la flexibilidad y la capacidad de adaptación, aspectos clave en la formación de la personalidad. En este sentido, someter a los niños y niñas a situaciones de estrés controlado puede

protegerles de futuros trastornos mentales y favorecer que se adapten mejor a situaciones de estrés inevitables en la vida adulta.

Someter a los niños y niñas a situaciones de estrés controlado puede protegerles de futuros trastornos mentales y favorecer que se adapten mejor a situaciones de estrés inevitables en la vida adulta.

Aporte científico. Epigenética: cómo el ambiente modifica la expresión de nuestros genes

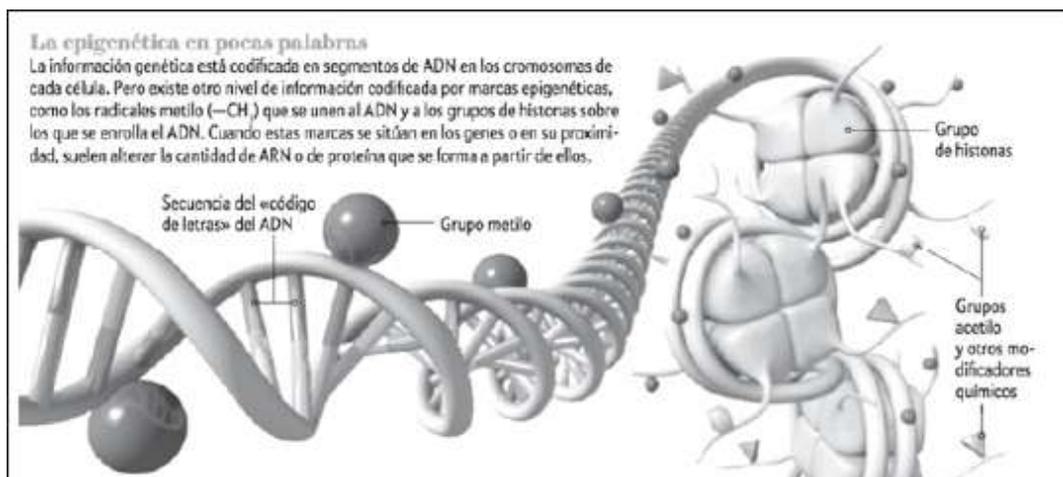
A menudo, los estudios genéticos engendran un cierto miedo al determinismo biológico, dado que solemos pensar que si una conducta tiene una fuerte carga genética por obligación será innata y no podremos hacer nada por evitarla. Pero no es así. Los genes necesitan del ambiente para expresarse, es lo que se conoce como *epigenética*.

En el núcleo celular tenemos guardados nuestros cromosomas, la información genética que hemos heredado de nuestros progenitores (50% de nuestra madre y 50% de nuestro padre). Estos cromosomas están compuestos de una cadena de ADN que necesita enrollarse sobre sí misma para caber dentro del núcleo de la célula. Este filamento de ADN está envuelto en un complejo proteínico de ocho **histonas** y se comprime, a su vez, dentro de las fibras de **cromatina**. Cuando el ADN se encuentra dentro de este envoltorio tan compacto, es complejo que se exprese, y los genes que ahí se encuentran permanecen inactivos. Los factores epigenéticos influyen sobre ciertos mecanismos moleculares que determinan qué datos genéticos salen a la luz y se expresan y qué otros permanecen ocultos. Por un lado, los grupos acetilo pueden aflojar las fibras de cromatina, permitiendo así que los genes que ahí se encuentran puedan ser leídos y, por tanto, expresados; por otro lado, los grupos metilo pueden adherirse directamente sobre determinados sectores del ADN, impidiendo con ello la apertura enzimática y con ello su transcripción y expresión (cuadro 7).

Determinados factores medioambientales condicionados por nuestros hábitos de vida (tipo de dieta, deporte, contacto con elementos tóxicos, nivel de estrés, horas de descanso, etc.), pueden interactuar con nuestros genes y modificar su función, sin alterar la composición de nuestro ADN.

Estudios recientes en epigenética han puesto de manifiesto cómo determinados factores medioambientales, condicionados por nuestros hábitos de vida (tipo de dieta, deporte, contacto con elementos tóxicos, nivel de estrés, horas de descanso, estimulación cognitiva, etc.), son capaces de interactuar con nuestros genes y modificar su función, ya sea a corto o a largo plazo, e incluso para el resto de nuestras vidas, sin alterar la composición de nuestro ADN. Por ejemplo, varios estudios epidemiológicos han constatado la existencia de una estrecha relación entre el tipo de nutrición materna durante el embarazo y determinados efectos a corto plazo, como el retraso de crecimiento intrauterino, o a más largo plazo, como enfermedades crónicas en la edad adulta (por ejemplo, enfermedades cardiovasculares, obesidad y diabetes) (Bedregal y otros, 2010).

Cuadro 7. Diagrama que representa los cambios epigenéticos que pueden tener lugar en la expresión del ADN



Fuente: Skinner, 2014

También son muy conocidos los efectos nocivos del consumo de drogas, como el tabaco y el alcohol, durante el embarazo en relación con el feto y su desarrollo posterior (Knopik y otros, 2012), los beneficios del ejercicio físico sobre los cambios epigenéticos

relacionados con la plasticidad cerebral en adolescentes (Abel y Rissman, 2013), y los efectos de las experiencias estresantes tempranas en la aparición de enfermedades tanto físicas como mentales (Dudley y otros, 2011).

Uno de los primeros estudios con animales que demostró los efectos en la activación y desactivación de genes debido a las influencias ambientales fue el del equipo estadounidense de Meaney. En dicho estudio se observó que privar a las crías de rata de los cuidados de su madre unas horas al día durante las primeras semanas de vida provocaba que en la edad adulta fueran ratas más sensibles al estrés y con una conducta más ansiosa que las ratas que sí recibían contacto materno continuado. Estas ratas estresadas presentaron más grupos metilo en el gen del receptor de glucocorticoides del hipocampo, impidiendo su actividad e inhibiendo así el papel regulador que ejercen estos receptores en la respuesta de estrés (Weaver y otros, 2004).

Son conocidos los efectos nocivos que tiene sobre el feto el consumo de drogas durante el embarazo, los beneficios del ejercicio físico para la plasticidad cerebral en adolescentes, y el efecto de las experiencias estresantes tempranas en la aparición de enfermedades físicas y mentales.

Otros estudios más recientes han observado que el estrés tóxico y sostenido no solo puede producir cambios epigenéticos en la regulación del eje del estrés en el mismo sujeto que lo padece, sino que estos cambios también pueden ser transmitidos a la descendencia, de manera que progenitores que padecieron estrés tóxico y expresaron sus cambios epigenéticos es más probable que tengan hijos e hijas más sensibles al estrés (Zucchi, Yao y Metz, 2012; Franklin y otros, 2010; Shonkoff y otros, 2012).

Los cambios epigenéticos pueden ser revertidos, puesto que son cambios plásticos debidos a algún factor ambiental; por tanto, pueden ser contrarrestados con otros factores ambientales.

Con todo, debemos tener presente que estos cambios epigenéticos pueden ser también revertidos puesto que son cambios plásticos, debidos a algún factor ambiental, y que pueden ser contrarrestados con otros factores ambientales. Por ejemplo, se ha observado que los cambios epigenéticos derivados de un entorno empobrecido en ratas pueden ser compensados a través de entornos

ambientalmente enriquecidos, y que los efectos del cuidado de una madre adoptiva en roedores podrían compensar la pérdida del contacto materno temprano.

Aun así, en la práctica de aula, debemos procurar eliminar siempre cualquier elemento que condicione una respuesta de estrés crónica que pueda devenir un estrés neurotóxico y nocivo para el desarrollo del niño. En este sentido, tendencias actuales que pretenden disminuir las situaciones cotidianas de estrés orientando la práctica de aula hacia la educación lenta (Domènech, 2009), el respeto de los ritmos de aprendizaje y desarrollo, o las entradas y salidas relajadas, en las que las familias disponen de un margen de tiempo para llevar y recoger a sus hijos e hijas de la escuela, supondrían un beneficio para el bienestar emocional del alumnado. A continuación, apuntamos los beneficios de la práctica habitual de las técnicas de relajación o de atención plena (**mindfulness**) para ayudar a regular los efectos nocivos del estrés.

En la práctica de aula, hay que procurar eliminar cualquier elemento que condicione una respuesta de estrés crónica que pueda devenir un estrés neurotóxico y nocivo para el desarrollo del niño.

En la práctica

Mindfulness en el aula

El concepto de *mindfulness*, traducido al español como *atención plena* o *conciencia plena*, es un término introducido por el Dr. Jon Kabat Zinn en 1990 para definir una de las múltiples formas de meditación o técnica de relajación basada en centrar la atención en el momento presente. Es decir, es una conciencia que se desarrolla prestando una atención concreta, sostenida e intencionada a la experiencia del aquí y el ahora, con curiosidad, sin juzgarla, sin evaluarla ni reaccionar a ella (Kabat-Zinn, 2013). La persona que practica *mindfulness* aprende a observar y aceptar los pensamientos, las sensaciones y las emociones que experimenta. Así, uno de los objetivos principales de este tipo de

prácticas es aprender a autorregular los estados emocionales y cognitivos de uno mismo. Por esta razón, la atención plena estaría dentro de un marco más global de otras técnicas y ejercicios que contribuyen a la educación socioemocional y conforman la mayoría de sus programas.

Como seres humanos, la manera usual de comportarnos es recordando vivencias que han tenido lugar en el pasado, o bien anticipando y planificando el futuro, de manera que las situaciones que acontecen en el momento presente puede que pasen desapercibidas. De hecho, puede que el cuerpo esté en el momento presente, pero la mente puede estar divagando e imaginando personas, lugares y acontecimientos que no coincidan con la realidad.

La atención plena es una herramienta para entrenar la capacidad de nuestra mente a estar mucho más presente en cada una de las experiencias que vivimos a medida que suceden. Centrarse en el momento presente, en comparación con el pasado o el futuro, es una de las propiedades básicas de la práctica de la atención plena. El poder practicar de manera sistemática que nuestra atención se focalice en el momento presente, inhibiendo los pensamientos y juicios automáticos, permite que podamos tener una manera de pensar más reflexiva y que percibamos los estímulos de nuestro alrededor de una manera más aguda e intensa.

Los primeros estudios científicos sistematizados sobre los efectos de la práctica de *mindfulness* tienen su origen en la evaluación de los programas de reducción del estrés basados en esta práctica, los cuales mostraron efectos positivos en pacientes con dolor crónico y trastornos del estado de ánimo. No obstante, en los últimos años, también se han estudiado los efectos que producen este tipo de prácticas a nivel fisiológico y cerebral. Por ejemplo, diversos estudios demuestran que el entrenamiento continuado disminuye la activación de regiones cerebrales que participan en la respuesta de miedo y de estrés, como es la amígdala (Desbordes y otros, 2012), y también disminuye la liberación de hormonas relacionadas con el estrés (como el cortisol) (Turakitwanakan, Mekseepralard y Busarakumtragul,

2013); por consiguiente, podría fortalecerse nuestro sistema inmunitario (Davidson y otros, 2003).

El uso de programas de educación emocional en el aula viene justificado por el hecho de que el ámbito educativo no debe recoger exclusivamente la transmisión de conocimiento técnico y especializado establecido en el plan docente de las diferentes asignaturas regladas, sino que debe abordar, desde una vertiente holística, la formación en las habilidades, capacidades y conocimientos que necesitan las personas en los diferentes ámbitos de su trayectoria vital, como es el aprendizaje en gestión de las emociones. Además, el profesorado debe gestionar los procesos de enseñanza-aprendizaje a fin de alcanzar los objetivos curriculares establecidos, promoviendo un buen clima en el aula y evitando situaciones de conflicto y de estrés.

Actualmente, disponemos de estudios que evalúan los beneficios reportados por los programas de educación socioemocional. La mayoría de ellos evidencian que la introducción de la práctica de actividades de conciencia plena en el aula se relaciona de manera positiva con la competencia socioemocional de sus alumnos y alumnas, el clima del aula y el rendimiento académico (López-González, 2013), tanto en educación infantil (Flook y otros, 2015) como en primaria (Schonert-Reichl y otros, 2015) y secundaria (Bluth y otros, 2016).

Si bien hay pocos estudios que analicen, desde un punto de vista neurobiológico, los efectos de estas prácticas en los mecanismos cerebrales de consolidación de la memoria, parece que una práctica sistemática podría estar aumentando la concentración de conexiones neuronales en regiones cerebrales que intervienen en el aprendizaje, la atención y la autorregulación (Hölzel y otros, 2011; Davidson y Begley, 2012). En este contexto, otros estudios revelan que con la práctica de *mindfulness* mejoran muchos factores asociados al funcionamiento ejecutivo (Gallant, 2016) como la atención, la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva y la **inhibición**, las cuales se describirán con más detalle en la idea clave 9 (p. 165).

Características y elementos clave en la práctica de *mindfulness*

A continuación, en el cuadro 8, se recogen las características y los elementos clave para la práctica de *mindfulness*.

Seguidamente, presentamos tres actividades de *mindfulness* que pueden ser llevadas a cabo en el aula:

1. Respiración consciente.
2. Escáner corporal.
3. Sentir la naturaleza.

Respiración consciente

Descripción

La respiración es un acto mecánico que realizamos miles de veces en el transcurso del día. Respirar correctamente permite que nuestro organismo se nutra de manera eficiente y nos aporta bienestar general. Una respiración deficiente, en cambio, hace que nuestro cuerpo se deteriore más rápidamente y nos conduce a estados de intranquilidad, estrés, fatiga y desasosiego. Aunque la respiración es automática, también es un acto que podemos controlar y modificar de manera voluntaria en función de nuestras necesidades. Según la respiración que adoptemos, podremos cambiar nuestro estado fisiológico hacia una mayor o una menor activación. Se ha podido comprobar que, a más calma, respiraciones más lentas, y a respiraciones más lentas, más calma.

Cuadro 8. Componentes clave en la práctica del *mindfulness*, procesos implicados y descripción

COMPONENTE	PROCESO IMPLICADO	DESCRIPCIÓN
AUTORREGULACIÓN DE LA ATENCIÓN	Atención sostenida, control consciente, inhibición.	Capacidad que permite parar, observar y dirigir nuestra propia atención de manera consciente hacia los estímulos deseados, controlando los pensamientos automáticos e inhibiendo otros estímulos distractores.
ORIENTACIÓN HACIA LA EXPERIENCIA	Curiosidad, apertura, aceptación, paciencia.	Capacidad que permite no reaccionar de manera automática a la estimulación que se esté percibiendo o experimentando. Consiste en poder aceptar las experiencias placenteras

		y dolorosas tal cual aparecen, así como percibir los estímulos intentando descubrir elementos diferentes y novedosos de los mismos.
MOMENTO PRESENTE	Observación activa, no verbalización, exploración, percepción consciente, inhibición de juicios y evaluaciones.	Capacidad de centrarnos en la experiencia que tiene lugar en el aquí y ahora. Evitando divagar en cuestiones relacionadas con el pasado o el futuro. Se trata de asumir un rol de observador imparcial de la propia experiencia presente, siendo conscientes de los propios juicios y reacciones, para dejarlos pasar.

Fuente: Elaboración propia

La respiración espontánea implica la participación del diafragma, un músculo involuntario, y una unión entre el movimiento involuntario y el movimiento voluntario del cuerpo. Por ello, es interesante dedicar atención plena a la respiración, procurando que sea a un ritmo normal en el que participen tanto el abdomen como el pecho.

Objetivo

Tomar conciencia de la propia respiración y aprender a desarrollar estados de calma y armonía de forma voluntaria.

Procedimiento

El alumnado puede realizar este ejercicio sentado o tumbado:

- Situaremos la mano derecha sobre el pecho y la izquierda sobre el vientre mientras se hacen las respiraciones. Esto nos permitirá focalizar la atención y tomar conciencia de la respiración. Respiraremos a un ritmo cómodo y de forma profunda, manteniendo el organismo en calma y tranquilidad, tanto física como psíquica.
- Prestaremos atención a cómo el aire entra y sale de la nariz. Se pueden observar los cuatro momentos de la respiración: el momento de inhalar, el momento en que tenemos el oxígeno y lo retenemos unos segundos, el momento de exhalar y el momento en que hemos sacado todo el aire. También se puede enseñar al alumnado a contar cada vez que respira o que

imagine una palabra o frase. Es importante que aprendan a identificar y percibir las sensaciones corporales que van sintiendo durante la respiración.

Escáner corporal

Descripción

Las prácticas relacionadas con la conciencia corporal se basan en entrenar y fomentar la atención consciente a la capacidad que tenemos de sentir las sensaciones de nuestro cuerpo. Concretamente, estamos hablando de percibir atentamente el sentido propioceptivo e interoceptivo, así como también el tacto, el peso y la temperatura del cuerpo. El origen de esta práctica fue descrito con el nombre de *relajación muscular progresiva* por el médico Edmund Jacobson en 1920.

Objetivo

Tomar conciencia de las distintas sensaciones que podemos percibir en nuestro cuerpo. Concretamente, de su posición y del estado de tensión o relajación de nuestra musculatura. La relajación muscular se relaciona con estados de calma, bienestar y relajación.

Procedimiento

Se recomienda realizar esta dinámica con los alumnos y alumnas estirados o sentados en una silla cómodamente.

- Al inicio, se aborda si nos cuesta conocer si la musculatura está relajada o tensionada. Lo que se pretende es, en primer lugar, tensionar la parte del cuerpo en cuestión y después relajarla. De esta manera, aprendemos a ir relajando progresivamente los diferentes músculos del cuerpo.
- Revisamos que nuestro cuerpo se encuentre relajado y destensamos cualquier músculo que se encuentre en tensión. Centrándonos en nuestra respiración, observamos que tenemos los pies relajados. Notamos que cada uno de los dedos, la planta y el tobillo están apoyados en la superficie en la que nos encontramos y percibimos la sensación de peso y relajación. Expandimos la atención a la parte inferior de las

piernas hasta llegar a las rodillas y las rótulas. Sentimos las sensaciones de estas partes mientras nos centramos con la ayuda de la respiración.

- Seguimos subiendo para sentir todas las piernas hasta llegar a nuestras caderas. Sentimos las vibraciones que llegan a estas partes del cuerpo a través de la respiración. Sentimos el abdomen y el tórax. También notamos una ondulación de nuestra columna vertebral cuando inspiramos y sacamos el aire y cómo lentamente se va relajando, sintiendo sensaciones de calor, de peso y de calma.
- A continuación, nos centramos en nuestros brazos y nuestras manos. Podemos tensionar las manos apretando los puños durante unos segundos, y a continuación relajarlos. Sentimos cómo la respiración también llega a nuestras espaldas y va bajando hasta llegar a los dedos de las manos. Observamos los brazos relajados y estamos a gusto con estas sensaciones.
- Después, centramos nuestra atención en el cuello y en nuestra cara. Sentimos que los ojos están relajados, los pómulos, la mandíbula, la boca, la lengua, los labios... Toda la cara se encuentra cómodamente relajada y serena. Sentimos nuestra cabeza en calma y relajación. Sentimos cómo entra el aire al inspirar por nuestras fosas nasales y cómo se suelta al exhalar.

Sentir la naturaleza

Descripción

El estar en contacto con la naturaleza tiene propiedades muy positivas asociadas a un mejor bienestar. En las últimas décadas, diferentes estudios señalan los efectos beneficiosos del contacto de los alumnos y alumnas con espacios naturales; es una nueva tendencia en Europa y Estados Unidos denominada *rewilding*.

Por otro lado, el espacio exterior y un entorno lleno de naturaleza es un espacio que cambia continuamente, y donde se puede percibir la transitoriedad de los estímulos. En la idea clave 10 (p. 181) se desarrollarán de forma específica los beneficios del contacto con la naturaleza para los procesos de aprendizaje y el desarrollo de diferentes habilidades.

Objetivo

Centrar la atención en el sentido de la vista, del olfato, del oído y del tacto para percibir de forma intensa el espacio exterior. Aprender a aceptar la inestabilidad del entorno y el cambio permanente.

Procedimiento

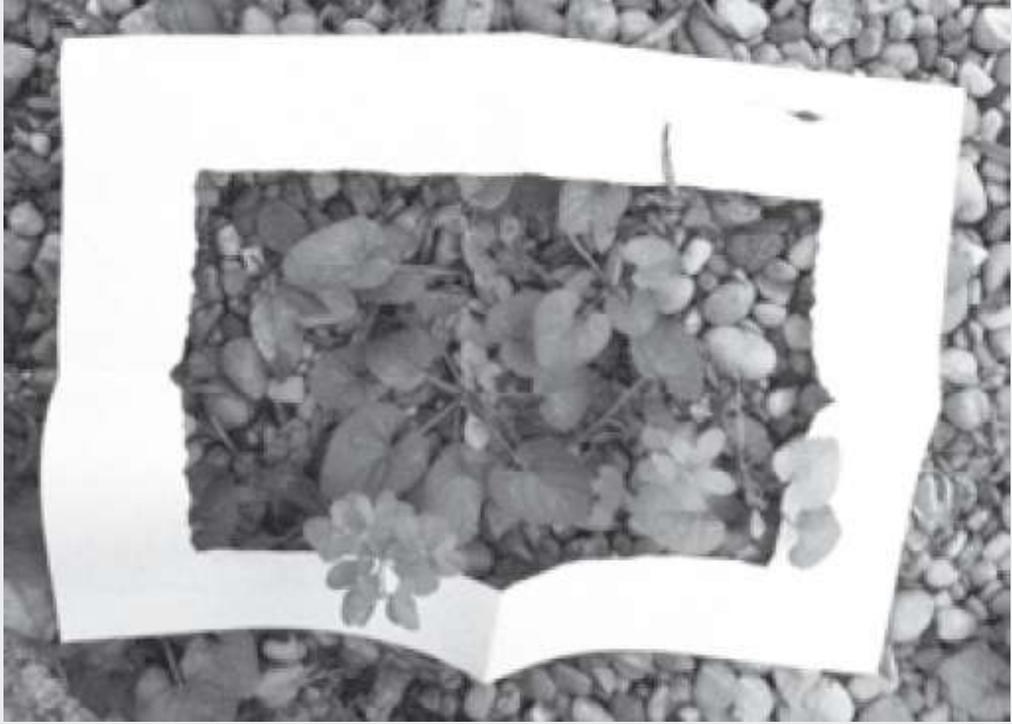
Esta actividad se realiza en un espacio exterior.

- Repartimos una hoja en blanco (Din-A4) e indicamos que se debe doblar por la mitad y volver a doblar por la mitad. A continuación, se recorta la parte interior con los dedos, de manera que quede un marco a partir del cual se realizará una observación atenta de la naturaleza.

Se recomienda poner el marco en el suelo en una zona en la que no haya mosaico (imagen 2). También se puede poner hacia el cielo. Intentaremos ponerlo en una zona en la que haya tierra, hierba, nubes, hojas, agua o cualquier otro elemento natural.

- Observamos el interior del marco durante unos minutos. En este tiempo, nos vamos a fijar en todos y cada uno de los detalles que hay en el interior del marco, dejando de lado el exterior. Nos centraremos en ver, oler, escuchar y tocar los estímulos que percibimos en él. Nos fijaremos también en todo lo que se mueve, en los animales que transiten por el marco y por el interior del recuadro que hemos delimitado. Veremos que el aire mueve las hojas y observaremos que la imagen que teníamos al inicio quizá no es la misma que la que tenemos al cabo de un tiempo.
- A continuación, pedimos a los alumnos y alumnas que reflexionen sobre qué tipo de pensamientos o emociones despertaron en ellos cada uno de los estímulos percibidos.

Imagen 2. Ejemplo del marco creado con la hoja en blanco que se encuentra situado en una zona de naturaleza para realizar el ejercicio



Fuente: Elaboración propia

Idea clave 4

¿Por qué es importante conocer las etapas madurativas del cerebro humano?



Tener en cuenta los hitos del neurodesarrollo nos permite justificar la práctica de aula basándonos en las capacidades y limitaciones evolutivas presentes en cada etapa, así como en los ritmos madurativos diferentes del alumnado.

Inmadurez cerebral

Se presentan aquí los principales factores que intervienen en el desarrollo y los procesos madurativos del cerebro humano, para tener una visión clara de cómo va evolucionando el cerebro a lo largo de los primeros meses y años de vida hasta bien entrada la edad adulta. Aunque vamos a hablar de etapas y características generales, debemos tener presente que cada persona puede presentar ritmos madurativos diferentes dentro de la normalidad, entendiendo por normalidad la norma estadística.

La especie humana es la especie animal que nace más inmadura e indefensa del reino animal, y esto es fácil constatarlo cuando la comparamos con otras crías de cualquier otra especie que al poco

de nacer ya caminan, saltan o vuelan. Aparte de dormir, llorar, succionar, eliminar residuos, controlar la temperatura corporal y unos cuantos reflejos innatos, el recién nacido es muy poco autónomo, sabe hacer muy pocas cosas, aunque también es cierto que las pocas cosas que sabe hacer están muy bien diseñadas y adaptadas para su supervivencia, ¿o acaso los adultos podemos resistir el llanto de un bebé y no atenderlo?

Esta inmadurez es tan marcada en los humanos que algunos autores defienden que nacemos de forma prematura y seguimos siendo fetos durante unos meses e incluso el primer año de vida tras el parto. Y no es difícil creerlo, cuando sabemos que otras especies animales tienen embarazos mucho más largos que los nuestros, como los elefantes, con embarazos de 2 años, o los tiburones anguila, con embarazos de casi 4 años.

Este nacimiento tan prematuro se debe a nuestro desarrollo filogenético, es decir, a nuestro desarrollo como especie, puesto que cuando los homínidos nos hicimos bípedos y empezamos a caminar sobre dos piernas en lugar de cuatro, aumentó nuestro volumen craneal, a la vez que la pelvis femenina se hizo más estrecha para poder caminar largas distancias (Rosenberg y Trevathan, 2002). Una cabeza más grande con una pelvis más estrecha supone un nacimiento prematuro; si estuviéramos más tiempo dentro del útero materno naceríamos más maduros y más preparados para la supervivencia, pero nuestra cabeza sería tan grande que no podríamos pasar por un canal del parto que es realmente muy estrecho. Se dice que nacemos en un punto de equilibrio, lo suficientemente maduros para poder sobrevivir en el medio exterior y lo suficientemente inmaduros para poder pasar por el canal del parto. Un nacimiento tan inmaduro se traduce en una infancia muy prolongada, de manera que las crías humanas dependen de los adultos durante muchos años para poder sobrevivir, y esto es muy costoso, ya que la tribu tiene que organizarse muy bien para que las crías puedan sobrevivir durante tanto tiempo.

Este diseño evolutivo, que fácilmente podría parecer un gran inconveniente para la supervivencia de nuestra especie, es, en cambio, una gran ventaja evolutiva, puesto que esa marcada inmadurez confiere al cerebro humano un mayor grado de

plasticidad y una capacidad de aprendizaje y de adaptación al entorno que no es comparable a la de ninguna otra especie animal (Gould, 2010).

Por ello, el cerebro humano es mucho más influenciado y modificable por el ambiente, de manera que en los humanos el ambiente, y en nuestro caso la educación, es un factor clave para el desarrollo de las criaturas y de sus cerebros.

Ya durante la gestación, el desarrollo del cerebro está expuesto a la influencia del entorno a través de la simbiosis con la madre, de modo que los alimentos, el estrés o cualquier agente tóxico al que esté expuesta la madre embarazada y traspase la placenta influirá de forma directa en el neurodesarrollo del feto (Ackerman, 1992), siendo la etapa prenatal, y sobre todo las primeras semanas de gestación, el período de mayor vulnerabilidad para el desarrollo cerebral. De ahí muchos de los problemas neurológicos, conductuales y dificultades de aprendizaje que presentan algunos niños y niñas adoptados en países del Este, cuyas madres consumieron tóxicos de forma continuada durante el embarazo, y que son diagnosticados de síndrome alcohólico fetal una vez se hacen evidentes estas dificultades en edades escolares.

Etapas del neurodesarrollo

Cuando hablamos de la inmadurez del ser humano nos estamos refiriendo, principalmente, a la inmadurez del cerebro. Su proceso madurativo tendrá lugar a lo largo de los primeros meses y años de vida, y hasta bien entrada la edad adulta, en etapas diferenciadas.

Aunque nuestro nacimiento sea prematuro, los humanos nacemos con una cabeza proporcionalmente muy grande (tengamos en cuenta que en el momento de nacer el peso de la cabeza del bebé representa el 25% del peso de la cabeza de un adulto, mientras que su cuerpo solo representa un 5%, aproximadamente) y durante los primeros años de vida esta cabeza crece de manera espectacular: dobla su peso a lo largo del primer año de vida, lo triplica durante el segundo (de los 0 a 2 años se considera la etapa de crecimiento acelerado del cerebro) y hacia los 6 o 7 años el

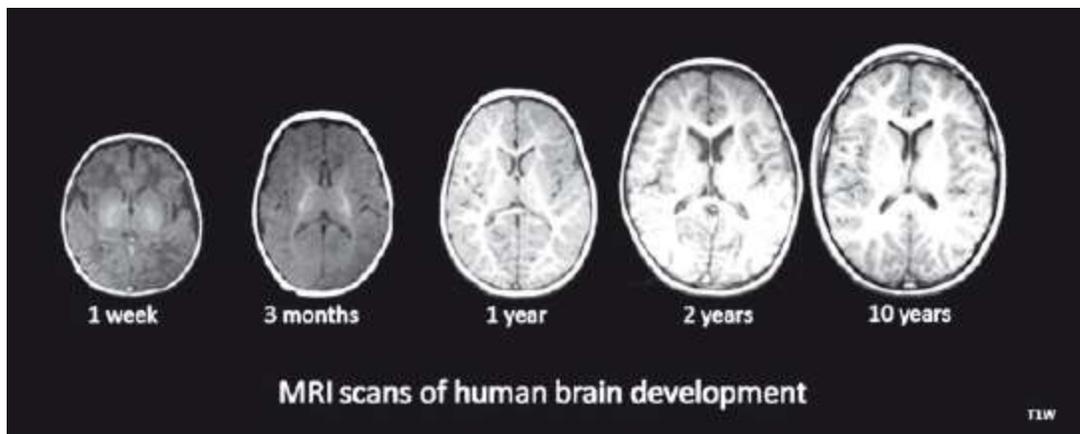
cerebro de un niño ya pesa lo mismo que el de un adulto, aunque a su proceso madurativo todavía le queda mucho camino por recorrer (imagen 3).

Los humanos nacemos con más de 100 mil millones de neuronas (muchas más de las que necesitaremos a lo largo de la vida), pero en el momento de nacer están inmaduras, no son funcionales, necesitan crecer, ramificarse y conectarse con otras neuronas.

Los humanos nacemos con más de 100 mil millones de neuronas (muchas más de las que necesitaremos a lo largo de la vida), pero en el momento de nacer están inmaduras, no son funcionales, necesitan crecer, ramificarse y conectarse con otras neuronas para su óptimo funcionamiento. Se han descrito siete etapas a través de las cuales tiene lugar el desarrollo del SNC, tres de ellas antes de nacer, y las otras cuatro mayormente después del nacimiento. Durante los primeros cinco meses de gestación se crean casi todas las neuronas que tendremos a lo largo de nuestra vida (neurogénesis), aunque hay también creación de nuevas neuronas después del nacimiento en algunas partes del cerebro, pero no la suficiente para poder hablar de regeneración celular, como ocurre en otros órganos.

En los primeros cinco meses de gestación se crean casi todas las neuronas que tendremos a lo largo de nuestra vida (neurogénesis); aunque se crean nuevas neuronas en algunas partes del cerebro tras el nacimiento, ya no puede hablarse de regeneración celular.

Imagen 3. Resonancias magnéticas que muestran el crecimiento del cerebro en los primeros meses y años de vida



Fuente: National Institute of Health, 2007

A lo largo de estos primeros meses de gestación, y tras unas semanas después del final de la neurogénesis, las neuronas se desplazan hacia su ubicación definitiva dentro del SNC (migración celular) y allí se diferencian en los distintos tipos de neuronas y células gliales (**glía**) que pueblan nuestro cerebro hasta el nacimiento (diferenciación celular). A pesar de que la migración celular es una etapa evolutiva que se da durante toda la gestación, estudios recientes muestran que esta etapa continúa durante los primeros meses de vida. Así, hay neuronas de la corteza frontal que todavía están en procesos de migración en bebés de 6 y 7 meses. Este aporte científico revela una nueva etapa en el desarrollo cerebral, desconocida hasta ahora, y hace todavía más vulnerable de lo que pensábamos el SNC de los niños y niñas de tan temprana edad.

Posteriormente al nacimiento, la maduración neuronal comprende el crecimiento de las prolongaciones neuronales, axón y dendritas, y el establecimiento de las conexiones sinápticas entre las neuronas. El crecimiento de las dendritas (dendrogénesis) permite incrementar la superficie en la que la neurona podrá recibir contactos sinápticos, mientras que el crecimiento axonal permitirá conectar con otras neuronas más o menos distantes, creando así circuitos y redes neurales de los que van a depender las distintas funciones cognitivas e intelectuales.

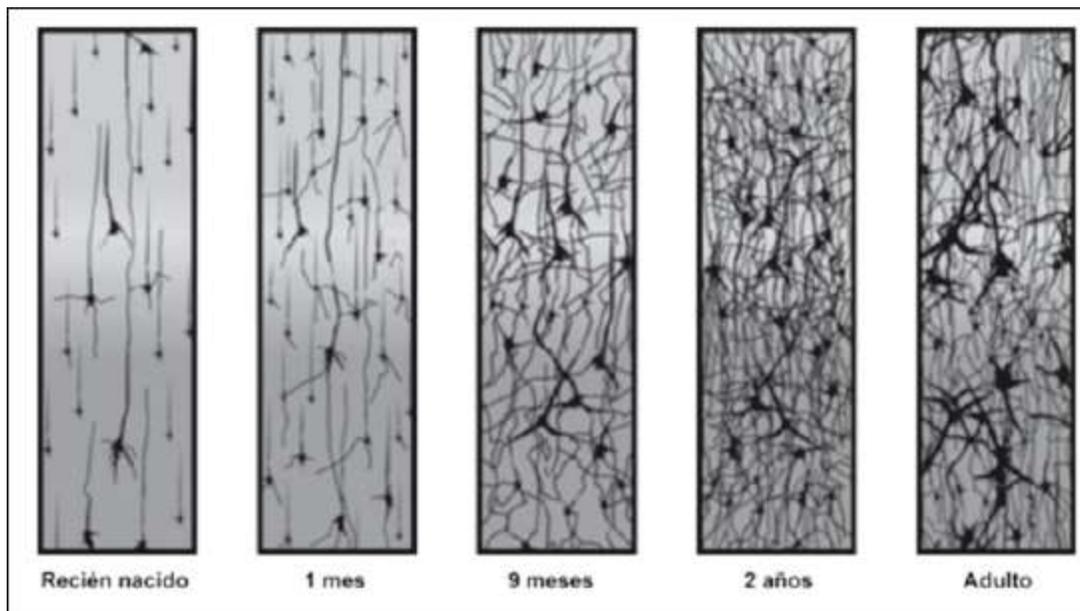
El progresivo establecimiento de sinapsis entre neuronas (**sinaptogénesis**) permitirá la transmisión de señales nerviosas y el intercambio de información entre ellas. Durante los primeros meses y años de vida, la sinaptogénesis es espectacular, se dice que el cerebro del niño brota como un árbol, y se crean muchas conexiones neuronales; hasta 10.000 sinapsis por neurona, es decir, billones de conexiones neuronales, muchas más de las que un cerebro maduro podrá sostener, y muchas más de las que un cerebro maduro acabará necesitando. En esta etapa, se dice que el cerebro y el niño disponen de muchas capacidades potenciales, es un cerebro que aún no está especializado y todavía es casi pluripotencial, entendiendo que siempre nos moveremos dentro de

unas limitaciones genéticas que predisponen a desarrollar más o menos diferentes habilidades.

Los primeros meses y años de vida, la sinaptogénesis es espectacular, se crean muchas conexiones neuronales, hasta 10.000 sinapsis por neurona, es decir, billones de conexiones neuronales, muchas más de las que un cerebro humano acabará necesitando.

Al cabo de un tiempo, en diferentes regiones cerebrales y en distintos momentos evolutivos, se inicia un proceso de selección de sinapsis que hace disminuir la densidad de conexiones neuronales. Este proceso es conocido como poda sináptica o **poda neural**. Esta eliminación de conexiones, que de entrada puede parecer una pérdida para nuestros cerebros, es, en cambio, completamente necesaria e indispensable para que el cerebro pueda ser más eficaz y eficiente, seleccionando aquellas conexiones y circuitos que son más útiles y funcionales (cuadro 9).

Cuadro 9. Densidad sináptica a lo largo del desarrollo del SNC



Fuente: Modificado de Corel, 1975

En este sentido, todas las conexiones y los contactos sinápticos que hayan sido potenciados y estimulados por el entorno serán conservados, y aquellos que no lo sean se eliminarán porque se

considerará que son conexiones que no son útiles para la adaptación al medio. De esta manera, la poda neural selecciona y conserva aquellos circuitos que codifican las destrezas o habilidades que son más necesarias, útiles y adaptativas para la supervivencia en su entorno sociocultural.

A los 2-3 años, cuando todavía queda mucha poda por delante, es cuando decimos que los niños son como esponjas, porque como todavía gozan de un exceso de conexiones neurales pueden codificar mucha más información que un cerebro adulto ya especializado. Es en este punto en el que es importante no caer en la sobreestimulación.

A los 2-3 años, cuando todavía queda mucha poda por delante, es cuando decimos que los niños son como esponjas, precisamente porque como todavía gozan de un exceso de conexiones neurales pueden codificar mucha más información que un cerebro adulto ya especializado. Es en este punto en el que es importante no caer en la sobreestimulación.

Es fácil creer que sobreestimulando a los niños y niñas antes de que tenga lugar la poda neural podemos conseguir que desarrollen muchas más capacidades y habilidades físicas, deportivas o musicales, o que aprendan muchos idiomas. Pero si bien es cierto que cuanto más inmaduro es un cerebro más fácil será el aprendizaje de cualquier habilidad, también una sobreestimulación temprana puede promover procesos de estrés oxidativo que dificulten el correcto desarrollo del cerebro y de los procesos cognitivos (Portero, 2016), además de las posibles secuelas emocionales que arrastran habitualmente los niños y niñas que no tienen tiempo libre para jugar (Saracho y Spodek, 2013).

Por otro lado, la poda neural está genéticamente programada y debe tener lugar para que el funcionamiento cerebral sea óptimo, de manera que lo que debemos preguntarnos es: ¿Qué tipo de habilidades y capacidades queremos estimular para que la poda las conserve?

¿Qué tipo de habilidades y capacidades queremos estimular para que la poda las conserve?

A menudo, en los asesoramientos a escuelas y centros educativos, se suele pedir al equipo docente que escoja las cinco

características principales que querrían que sus alumnos y alumnas desarrollaran. Sus respuestas suelen incluir habilidades como pensamiento crítico, creatividad, habilidades sociales, asertividad, resolución de problemas, empatía, etc. Acto seguido, se les pregunta cuántas horas al día se dedican al desarrollo de estas capacidades, y la respuesta suele ser que muy pocas o ninguna, porque demasiado a menudo seguimos centrandos los objetivos escolares en los contenidos, en la memorización, y no en las competencias y habilidades que sabemos les van a ser más útiles para la vida. En este sentido, creemos que sería una buena idea que los claustros y los equipos docentes llevaran a cabo sesiones de debate y de práctica reflexiva con el fin de consensuar los objetivos principales que deben orientar y vertebrar su práctica pedagógica.

Seguimos centrandos los objetivos escolares en los contenidos y la memorización, en lugar de hacerlo en las competencias y habilidades que sabemos van a ser más útiles para la vida.

El último paso en la maduración neuronal es la **mielinización**, un proceso mediante el cual las células gliales que conviven con las neuronas en el SNC recubren los axones de estas neuronas de **mielina**. La mielina es una proteína lipídica que actúa como aislante y que acelera la transmisión nerviosa neuronal, haciéndola más eficiente y facilitando un procesamiento más rápido de la información, e impidiendo que la información eléctrica se pierda, tal y como hace el aislante plástico de los cables de la electricidad.

La mielinización se inicia a los tres meses de la gestación y se prolonga durante mucho tiempo después de nacer, casi hasta los 30 o incluso 40 años de vida (Sowell y otros, 2003). Se ha observado que este proceso madurativo sigue un patrón temporal y espacial característico y jerárquico, de manera que en el nacimiento solo las estructuras más antiguas e instintivas estarían mielinizadas, para poder garantizar la supervivencia del neonato en el exterior, y el resto del cerebro sigue un patrón de mielinización paralelo a la complejidad de las funciones que controla.

Por ello, primero se mielinizan las áreas corticales primarias (sensoriales y motoras); después, las áreas secundarias que permiten un procesamiento de la información sensorial y motriz más

elaborada, y las últimas áreas corticales en mielinizarse son las regiones multimodales de asociación, como el córtex parietotemporoccipital y la corteza prefrontal. La corteza prefrontal, situada en el polo más anterior del cerebro, justo detrás de la frente y por encima de nuestros ojos, es la parte del cerebro más moderna filogenéticamente, más compleja y más sofisticada; en ella residen las funciones cognitivas de más alto nivel, denominadas *funciones ejecutivas*. Estas funciones incluyen, por ejemplo, la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva, el control inhibitorio, la cognición social, la autorregulación emocional o el juicio moral, entre otras, y su pleno desarrollo no finaliza hasta bien entrada la edad adulta. Veremos una descripción detallada de estas funciones y su papel fundamental en los procesos de aprendizaje en la idea clave 9 (p. 165).

La complejidad de la corteza cerebral y la mielinización se correlacionan con el desarrollo de conductas progresivamente más elaboradas, entendiendo que el desarrollo de cualquier capacidad, sea motora o cognitiva, dependerá siempre de la maduración de las estructuras cerebrales que la sustentan.

Como vemos, la maduración del SNC es un proceso progresivo y de larga duración, que tiene lugar de forma paralela al desarrollo cognitivo del niño. La complejidad de la corteza cerebral y la mielinización se correlacionan con el desarrollo de conductas progresivamente más elaboradas, entendiendo que el desarrollo de cualquier capacidad, sea motora o cognitiva, dependerá siempre de la maduración de las estructuras cerebrales que la sustentan.

Períodos sensibles

Las etapas en el desarrollo o la maduración del SNC que hemos visto, sobre todo relacionadas con la poda neural, sugieren la existencia de lo que se ha denominado *períodos críticos* o *sensibles* de desarrollo. Estos períodos se consideran ventanas temporales en las que el cerebro está más receptivo o más preparado para recibir determinado tipo de estimulación, permitiendo así la óptima adquisición de ciertas habilidades.

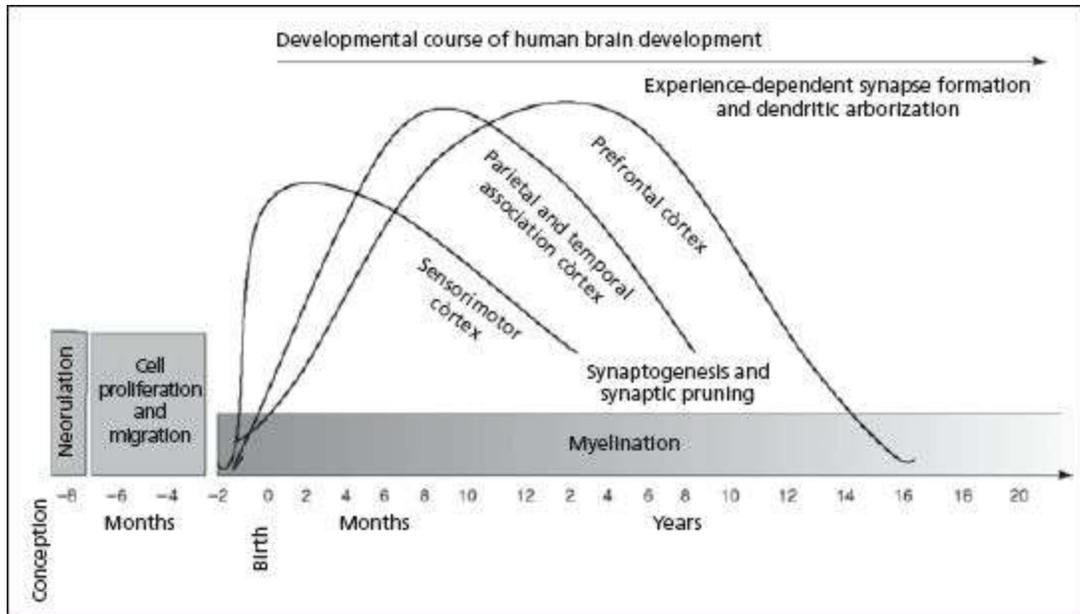
Se pueden considerar tanto períodos de oportunidad como de vulnerabilidad, puesto que la estimulación en determinados períodos críticos o sensibles del desarrollo sería fundamental para la correcta adquisición de habilidades, tanto cognitivas como conductuales, antes de que se dé el proceso de poda en esa región, y si esta estimulación no se diera o no fuera la más adecuada, el correcto desarrollo de habilidades podría resultar alterado o disminuido (cuadro 10).

Como podemos apreciar en el cuadro 10, el proceso madurativo no es lineal, sino que sigue un patrón de complejidad creciente en el que inicialmente maduran las áreas cerebrales más primarias, como son las regiones sensoriales y motrices, que permiten conocer el entorno físico y social e interactuar con él. Seguidamente maduran las áreas de asociación, que permiten integrar las diferentes modalidades sensoriales y que posibilitan la aparición de la función simbólica y el lenguaje. Y, finalmente, se desarrollan las partes más modernas y sofisticadas de la corteza cerebral, como la corteza prefrontal, sede de las funciones cognitivas más complejas, tales como el razonamiento, el control inhibitorio o la toma de decisiones.

Estas etapas madurativas diferenciadas correlacionarían en cierto modo con las etapas del desarrollo cognitivo descritas por Piaget hace ya algunas décadas: el estadio sensoriomotor inicialmente en el que los niños y niñas piensan el mundo a través de percepciones y acciones; el estadio preoperatorio, en el que la aparición de la función simbólica representa un salto cualitativo importante en sus estrategias de conocimiento, y los estadios operador concreto y formal cuando los niños y niñas y adolescentes ya pueden razonar de forma lógica. Estos hitos del desarrollo deberían permitirnos adaptar nuestra práctica de aula a las posibilidades y limitaciones características de cada etapa.

Estas etapas madurativas diferenciadas correlacionarían en cierto modo con las etapas del desarrollo cognitivo descritas por Piaget hace ya algunas décadas.

Cuadro 10. Períodos de sinaptogénesis y poda neural a lo largo del neurodesarrollo



Fuente: Thompson y Nelson, 2001

Aunque en un inicio se habló más de períodos críticos que de períodos sensibles, en estos momentos solo se describe un único período crítico, que sería el del desarrollo del lenguaje. En este sentido, se ha observado que, si el cerebro humano no recibe estimulación de lenguaje oral alguna antes de los 7 años, es decir, si al niño no se le habla antes de los 6 o 7 años de vida, que es cuando finaliza el segundo período de poda neural en las regiones asociativas, no será capaz, más adelante, de desarrollar esta habilidad, dado que este período crítico ya habrá pasado y la ventana de oportunidad se habrá cerrado. Esto se ha evidenciado en los casos de niños y niñas salvajes que han pasado la infancia alejados de la civilización y de la interacción social con otros humanos, y que, una vez encontrados y devueltos a un contexto social y cultural humano, no han sido capaces de desarrollar el lenguaje.

Este mismo período se ha apuntado como el **período sensible** para el aprendizaje de segundas y terceras lenguas, de manera que, no siendo un período crítico, podemos aprender un idioma a cualquier edad, pero nunca con tanta facilidad ni con un nivel tan óptimo como si el aprendizaje lo realizamos antes de los 7 u 8 años

de edad, sobre todo respecto a la pronunciación y al desarrollo fonológico de la lengua.

Podemos aprender un idioma a cualquier edad, pero nunca con tanta facilidad ni con un nivel tan óptimo como antes de los 7 u 8 años de edad, sobre todo respecto a la pronunciación y al desarrollo fonológico de la lengua.

Otro período sensible que se ha descrito es el del desarrollo del vínculo afectivo de apego, dado que el primer año y medio de vida es el momento en el que cerebro del bebé está programado para recibir unos cuidados responsivos, sensibles y afectuosos por parte de su cuidador principal, garantizando así su supervivencia. Aunque sabemos que este vínculo puede establecerse más tarde, como ocurre en los casos de niños y niñas que son adoptados pasados los 18 meses de edad, podría ser un factor de riesgo para su neurodesarrollo.

El cerebro adolescente

Consideramos que el cerebro adolescente merece tener una sección aparte porque, aunque no podamos generalizar ni todos los adolescentes sean iguales, sí se han observado ciertas características madurativas que hacen que el cerebro adolescente sea estructural y funcionalmente diferente al cerebro infantil y al cerebro adulto.

Si bien las conductas adolescentes son molestas para las familias y los docentes, tienen un claro sentido evolutivo y se han observado también, en menor o mayor medida, en otras especies animales.

Cuando hablamos de conducta adolescente, nos vienen rápidamente a la memoria características como la impulsividad, la falta de autocontrol, la necesidad de gratificación inmediata, las conductas de riesgo, la búsqueda de autonomía y de sensaciones placenteras, la búsqueda de la individualidad con un interés desmesurado por la interacción social con los iguales, la consecuente oposición y conflicto con los adultos y las figuras de autoridad de referencia, una fuerte labilidad e intensidad emocional y una mayor sensibilidad al estrés.

Todas estas conductas, que para las familias y los docentes que deben lidiar con ellas pueden parecer molestas, tienen, por otro lado, un claro sentido evolutivo y se han observado también, en menor o mayor medida, en otras especies animales. El aumento de la conducta exploratoria, la agresividad y la búsqueda de autonomía fuera del nicho familiar respondería a una necesidad evolutiva clara de adquirir su propia independencia, de aprender a sobrevivir sin sus progenitores y, sobre todo, de conocer otros contextos fuera de la familia en los que poder reproducirse evitando así la consanguinidad y la endogamia que son claramente perjudiciales para la especie. De hecho, durante la adolescencia, nuestro cuerpo está preparado para poder empezar a procrear y a tener descendencia, así que, evolutivamente, se busca que el individuo sea suficientemente autónomo y capaz para que esta pueda sobrevivir.

Respecto a la base neural, el modelo teórico que mejor responde a las características de la conducta adolescente, por encima de la explicación hormonal, es el modelo triádico de Ernst (2014), en el que se relacionan los cambios en el funcionamiento de tres estructuras cerebrales con los comportamientos habituales durante esta etapa (cuadro 11).

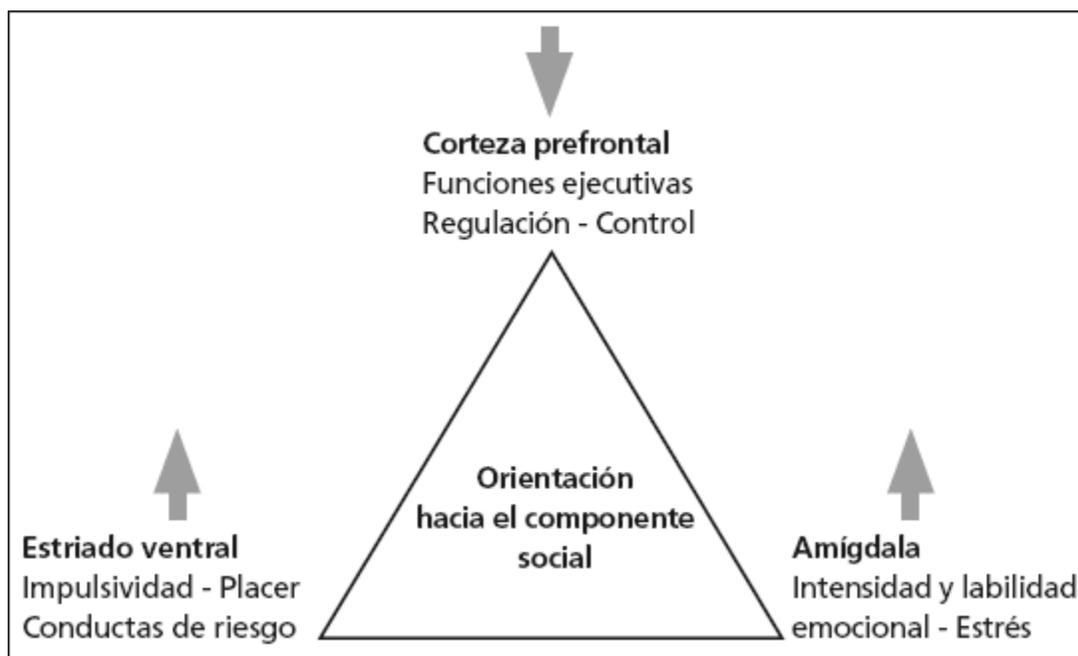
En primer lugar, parece que durante la adolescencia tiene lugar un aumento de la activación de los circuitos neurales de la recompensa (**estriado ventral**), el cual explicaría las conductas impulsivas, la búsqueda de gratificación y placer inmediatos y las posibles conductas de riesgo que puedan ir asociadas a esta impulsividad y búsqueda de placer, como el consumo de sustancias o la promiscuidad.

El aumento de la conducta exploratoria, la agresividad y la búsqueda de autonomía responden a la necesidad evolutiva del adolescente de adquirir su propia independencia, aprender a sobrevivir sin sus progenitores y conocer otros contextos fuera de la familia en los que poder reproducirse, evitando así la consanguinidad y la endogamia.

En segundo lugar, la amígdala se mostraría mucho más sensible y, por tanto, también estaría más activa y reactiva a los estímulos emocionales, especialmente a las situaciones de estrés. Esta elevada reactividad de los núcleos emocionales del cerebro estaría

relacionada también con los frecuentes cambios de humor, con las conductas agresivas y, sobre todo, con la intensidad emocional que experimentan los adolescentes ante cualquier acontecimiento.

Cuadro 11. El modelo triádico del cerebro adolescente



Fuente: Adaptado de Ernst, 2014

Por último, la corteza prefrontal mostraría unos niveles de activación más bajos, debido a que en estas edades esta región cerebral está en pleno proceso de poda neural (Blakemore y Frith, 2007) y es una corteza prefrontal todavía inmadura, que comporta ciertos déficits en las funciones ejecutivas de alto nivel (planificación, anticipación, cognición social), así como un déficit en el control inhibitorio de los otros dos sistemas subcorticales que están hiperactivos.

Así pues, la etapa adolescente sería un período de cierto riesgo debido a la desincronización madurativa entre unas estructuras subcorticales que están mucho más activas que en un cerebro adulto, y una estructura cortical reguladora que no está funcionando plenamente, puesto que todavía está en plena fase de poda neural y mielinización.

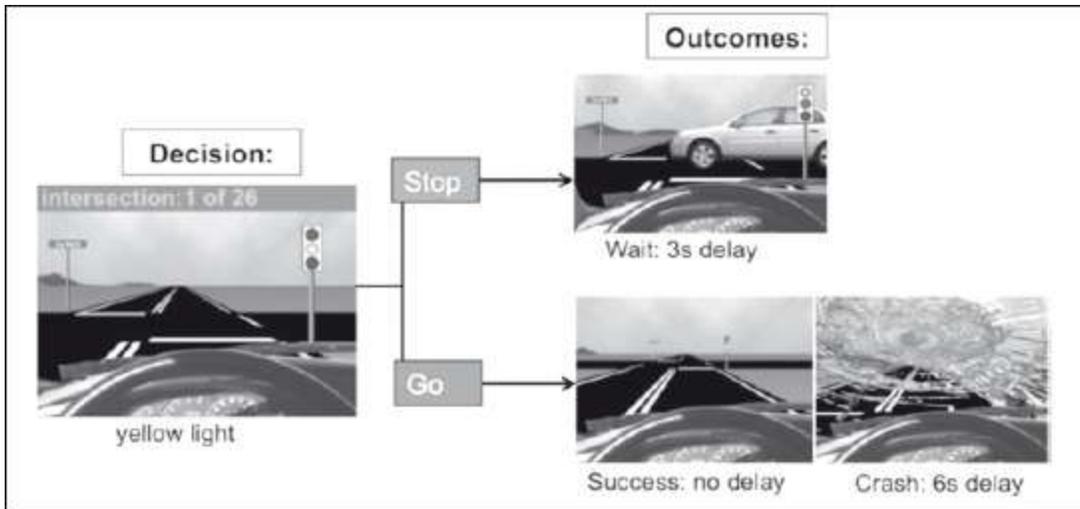
La etapa adolescente sería un período de cierto riesgo debido a la desincronización madurativa entre unas estructuras subcorticales que están mucho más activas que en un cerebro adulto, y una estructura cortical reguladora que no está funcionando plenamente, puesto que todavía está en plena fase de poda neural y mielinización.

Aporte científico. Conductas de riesgo y cognición social en la adolescencia

Como hemos comentado anteriormente, son muchos los estudios que han documentado una mayor presencia de conductas impulsivas en adolescentes respecto a los adultos y su correlación con una mayor activación del estriado ventral, pero los estudios que os comentamos a continuación nos parecen especialmente interesantes, por la influencia del contexto social en el que tienen lugar esas conductas de riesgo.

Chein y otros (2011) estudiaron la conducta impulsiva adolescente a través de un programa informatizado que simulaba la conducción de un coche y que consistía en llegar al final de la carretera en el menor tiempo posible (cuadro 12). En el juego, el conductor se encontraba con diversos semáforos en verde, rojo y ámbar. Cuando se encontraba el semáforo en ámbar, el sujeto podía hacer dos cosas: parar, con lo que perdía 3 segundos (conducta segura), o pasar para no perder tiempo, arriesgándose a tener un accidente, lo cual conllevaría la pérdida de 6 segundos (conducta de riesgo).

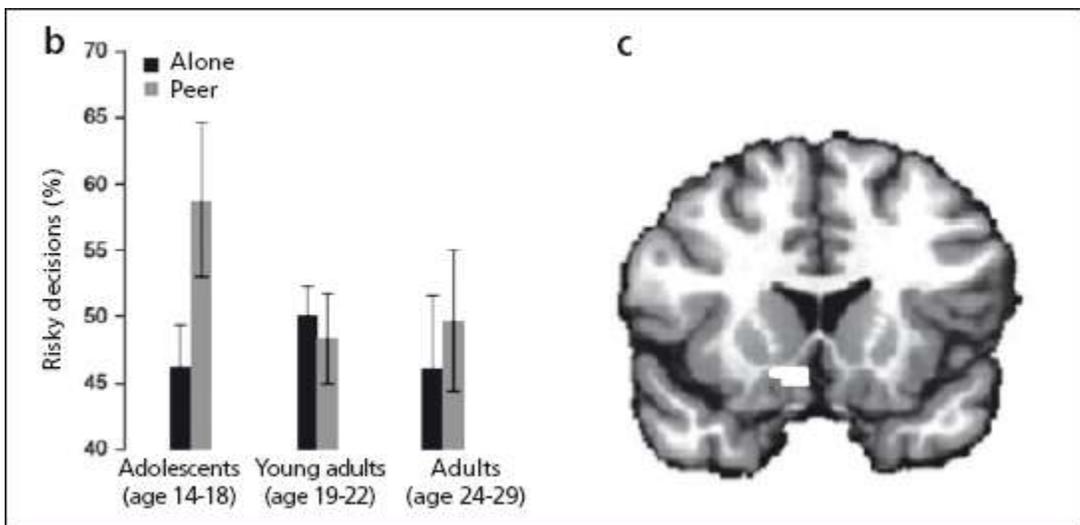
Cuadro 12. Reproducción del juego de toma de decisiones utilizado para valorar las conductas de riesgo



Fuente: Chein y otros, 2011

En este estudio, observaron que las conductas de riesgo aumentaban exponencialmente cuando el adolescente sabía que sus iguales le observaban, y esto correlacionaba con una mayor activación del estriado ventral (cuadro 13).

Cuadro 13. A la izquierda (b), % de conductas de riesgo cuando los sujetos eran examinados solos (negro) o cuando sabían que sus iguales les observaban (gris). A la derecha (c), mayor activación del estriado ventral que correlaciona con el aumento en conductas de riesgo



Fuente: Chein y otros, 2011

Así pues, el proceso madurativo que se está llevando a cabo en la corteza prefrontal, una de las áreas más claramente implicadas en cognición social y que hace que los adolescentes sean especialmente sensibles a la interacción y a la valoración de sus iguales, explicaría la importancia que tiene el grupo de amistades en estas edades.

Por otro lado, nos parece especialmente remarcable un estudio posterior que utilizó la misma tarea de conductas de riesgo (Telzer, Ichien y Qu, 2015), pero evaluando la respuesta de los adolescentes cuando estaban solos o en presencia de su madre (cuadro 14).

El proceso madurativo que se desarrolla en la corteza prefrontal, área claramente implicada en cognición social que hace que los adolescentes sean especialmente sensibles a la interacción y a la valoración de sus iguales, explicaría la importancia que tiene el grupo de amistades en estas edades.

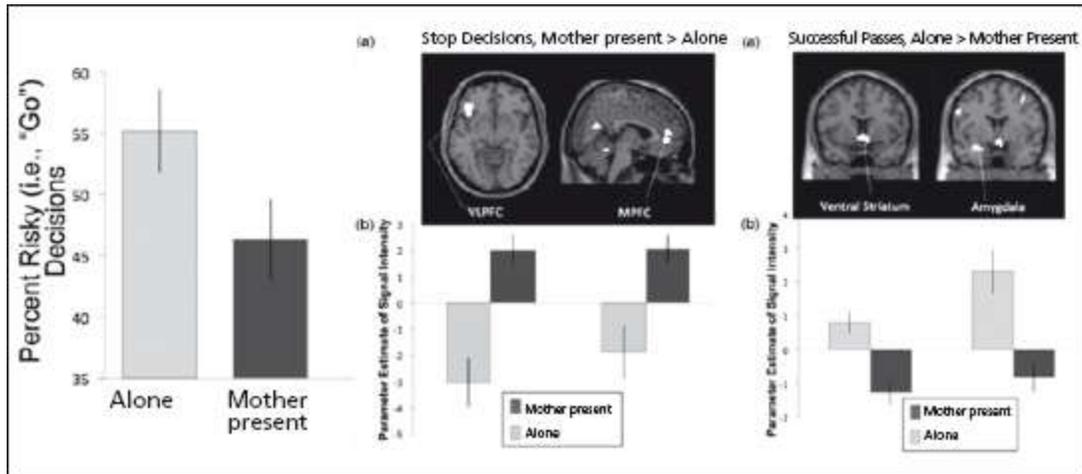
Los resultados de este estudio mostraron que, curiosamente, los adolescentes disminuían considerablemente sus conductas de riesgo cuando sabían que eran observados por sus madres, y esto correlacionaba con una menor activación del estriado ventral y de la amígdala, y con una mayor activación de la corteza prefrontal en presencia de la madre que cuando estaban solos.

De este modo, se entiende que la capacidad de controlar sus conductas impulsivas existiría cuando hay un control externo, que la presencia de la madre o de los adultos de referencia podría ejercer un papel de control inhibitorio sobre los impulsos del adolescente, como si su presencia supusiera una corteza prefrontal *prestada*. En este sentido, entendemos que, aunque haya una inmadurez fisiológica que pueda justificar algunas de las dificultades características de la adolescencia, la demanda externa de control debe existir, puesto que es necesario que inicialmente el control sea externo para poder ser luego interiorizado y convertirse en autocontrol.

La demanda externa de control debe existir en la adolescencia, puesto que es necesario que inicialmente el control sea externo para poder ser luego interiorizado y convertirse en autocontrol.

Cuadro 14. A la izquierda, % conductas de riesgo cuando los sujetos eran examinados solos (gris) o en presencia de su madre (negro). En el centro observamos la diferente

activación de la corteza prefrontal y a la derecha del estriado ventral y la amígdala solos (gris) o en presencia de la madre (negro)



Fuente: Telzer, Ichien y Qu, 2015

En la práctica

Implicaciones pedagógicas para la educación secundaria

Como hemos visto anteriormente, la conducta adolescente está relacionada con un proceso madurativo cerebral que permite explicar muchas de sus características, entre ellas la impulsividad, la búsqueda de autonomía y la intensidad emocional. Teniendo en cuenta algunas de estas características con una base claramente fisiológica, ¿cómo podemos orientar la práctica pedagógica en estas edades?

Cediendo autonomía

Ha quedado patente que la autonomía y la independencia que reclaman los adolescentes es una necesidad real y natural que responde a su diseño evolutivo. ¿No deberíamos, pues, responder a este reclamo de autonomía cediéndoles poder de decisión, iniciativa y responsabilidad sobre su propio proceso de aprendizaje?

A menudo, en la secundaria nos encontramos con propuestas pedagógicas muy pautadas y estructuradas orientadas únicamente a la reproducción y repetición de contenidos en el examen y que dejan muy poco margen a la iniciativa, a la creatividad y a la propia autonomía. La mayoría de adolescentes viven y perciben este tipo de demandas y de actividades como meras imposiciones que no responden a sus necesidades ni intereses y que les provocan, en muchos casos, un gran rechazo y una gran desmotivación.

Por ello, creemos necesario implicar al adolescente en su propio proceso de aprendizaje y motivarlo cediéndole parte de la responsabilidad de lo que se va a hacer en el aula y de cómo se va a hacer. Permitir que decidan los contenidos, los objetivos, la metodología, el formato del trabajo o incluso el sistema de evaluación. Así, si decidimos empezar a utilizar las rúbricas de evaluación, las consensuamos con ellos y las utilizamos como herramientas de autoevaluación y **coevaluación**. Favoreciendo un rol más activo y menos pasivo podríamos dar respuesta a esta demanda de autonomía y, a la vez, les empoderaríamos como máximos responsables de su propio proceso de aprendizaje, promoviendo así el desarrollo de habilidades y competencias que les van a resultar útiles para adaptarse al mundo adulto cuando se les exija un comportamiento adulto.

Intensidad emocional positiva

Como hemos visto, una de las características derivadas de una amígdala hiperactiva poco controlada por la corteza prefrontal es la intensidad emocional. Pero esta intensidad emocional no tiene por qué ser negativa, sino que también se da para emociones positivas como el heroísmo o el altruismo.

Los héroes y las heroínas han sido siempre adolescentes porque a estas edades se lucha por los ideales de una forma más intensa y apasionada que cuando somos adultos. Los adolescentes creen realmente que pueden combatir las desigualdades y las injusticias y construir un mundo mejor. En su mayoría, son más idealistas que los adultos, y podemos utilizar

esto en las aulas para engancharles en algún proyecto en el que se trabajen estos temas con una repercusión social real.

Por otro lado, si somos capaces de conocer y aprovechar sus aficiones y sus intereses en el aula, podremos garantizar que se apasionen con ello y que contagien su pasión a los demás compañeros y compañeras por medio de los distintos mecanismos que codifican nuestro cerebro social, tal y como veremos en la idea clave 8 (p. 149).

Contexto emocional cálido y seguro

Aunque esta sea una característica que debería ser tenida en cuenta en todas las etapas educativas, puesto que no hay peor enemigo para el aprendizaje que la respuesta de estrés sostenida, es especialmente relevante durante la adolescencia, ya que a estas edades son más sensibles al estrés y esta sensibilidad está asociada también a una mayor vulnerabilidad a la aparición de psicopatologías y trastornos mentales.

De hecho, el 75% de los trastornos psicopatológicos aparecen en la adolescencia, sobre todo los trastornos de ansiedad, los trastornos psicóticos y conductuales, y también el de consumo de sustancias, siendo los trastornos del estado de ánimo los que pueden aparecer de una forma más tardía en la vida adulta (Paus, Keshavan y Giedd, 2008).

Por ello, es importante que en estas edades los docentes tengan en cuenta las necesidades emocionales de sus alumnos y alumnas y las atiendan de forma cercana y real; que entiendan que la intensidad emocional que viven los adolescentes es real y que sienten las emociones de forma más intensa que los adultos; que se preocupen por ellos; que se interesen por ellos a nivel personal, y que no hagan de las situaciones de estrés excesivo su práctica de aula habitual. Trataremos en profundidad los aspectos referentes a la importancia del contexto de aprendizaje emocionalmente positivo en la idea clave 7 (p. 129).

Aprendizaje cooperativo

Los cambios drásticos observados en las regiones prefrontales responsables de la cognición social también correlacionan con el

acusado interés por la interacción social con los iguales en estas edades. Y esto es algo que también podemos aprovechar en las aulas, puesto que todas las dinámicas de aula que implican el trabajo cooperativo y colaborativo con los iguales serán mucho más satisfactorias para un cerebro adolescente que el trabajo individual, así como prácticas de coevaluación, puesto que para un adolescente es mucho más relevante y significativa la valoración que puedan hacer de su trabajo sus iguales que el docente.

Como hemos visto, la conducta adolescente es muy influenciada por las valoraciones y los juicios de sus iguales (Knoll y otros, 2015), y esto se ha relacionado de forma muy relevante con una mayor sensibilidad a la exclusión social que los adultos (Sebastian y otros, 2010), lo cual correlaciona con una mayor vulnerabilidad al *bullying* o acoso escolar. Con todo, no todas las influencias sociales son negativas, y algunos estudios han demostrado que también el saberse observado por los iguales y la influencia de sus valoraciones puede ayudar a promover la conducta prosocial y la generosidad (Van Hoorn y otros, 2016).

El uso de las estructuras cooperativas en el aula, además, contempla muchos otros beneficios que veremos más adelante, en la idea clave 8 (p. 149), como el desarrollo de las habilidades sociales, la resolución de conflictos y problemas o la cohesión de grupo, pero sobre todo permite que el docente pueda interactuar con sus alumnos y alumnas de una forma más cercana. Esto le va a permitir conocerlos y conocer sus habilidades, sus roles y sus limitaciones, y adaptar su interacción con ellos en función de sus necesidades reales, que nunca van a ser iguales para todo el grupo-clase.

Este interés por lo social puede traducirse también en un uso de las redes sociales, blogs y otras herramientas tecnológicas para el desarrollo de los proyectos de trabajo. No debemos olvidar que tratamos con nativos y nativas digitales, que la tecnología ha llegado al mundo para quedarse, y que la escuela debe ser permeable a lo que pasa en el contexto sociocultural más cercano.

Experiencias de aprendizaje vinculadas al mundo real

De nuevo, esta sería una característica necesaria para las prácticas de enseñanza-aprendizaje de todas las etapas educativas, puesto que las actividades que tienen relación con el mundo real aumentan la motivación y el compromiso del que aprende a cualquier edad, pero es especialmente relevante durante la adolescencia.

La motivación para aprender está estrechamente vinculada con la identidad del que aprende y con las metas que este tiene para sí mismo. Es importante tener esto presente en el diseño de la práctica pedagógica. Cuanto más coincidan las metas del docente, del alumnado y de los sistemas educativos, más efectivo será el aprendizaje. Si el currículo ya está predeterminado de antemano, sin tener en cuenta las metas personales del adolescente, la experiencia de aprendizaje no será completa ni óptima.

En este sentido, las situaciones de enseñanza-aprendizaje que parten de realidades y de problemas vinculados al mundo real permiten que el adolescente las viva como útiles y funcionales, provocando una mayor respuesta atencional y motivacional que garantiza un mejor proceso de aprendizaje.

Potencial cognitivo

Otra de las características clave del cerebro adolescente es su potencial cognitivo, y es que algunas funciones cognitivas e intelectuales jamás estarán en tan buen funcionamiento como en la adolescencia (Leisman, Mualem y Mughrabi, 2015). Así, el cerebro adolescente es el que presenta una mayor velocidad de procesamiento de la información, un mejor rendimiento de la memoria de trabajo y una mayor capacidad de almacenamiento de la memoria a largo plazo, lo cual hace que dispongan de un importante potencial cognitivo que debemos saber aprovechar en las aulas con la motivación necesaria. De hecho, muchos de los descubrimientos que han realizado diversos genios y científicos han sido durante los años de su primera juventud, cuando su rendimiento cognitivo era óptimo.

Idea clave 5

¿Nuestra alimentación puede influir en los procesos de aprendizaje y memoria?



El neurodesarrollo y los mecanismos celulares asociados a la plasticidad a lo largo de toda la vida dependen de la calidad y la cantidad de nutrientes que obtenemos con nuestra alimentación.

Mens sana in corpore sano

Desde hace miles de años, se sabe que el estilo de vida tiene un efecto más que relevante tanto en el funcionamiento del cuerpo como en el de la mente, es decir, que nuestros hábitos influyen de forma directa tanto en la salud física como en la salud mental. Así, hay que tener en cuenta que existe una relación multidireccional e interdependiente entre los procesos fisiológicos que tienen lugar en los distintos sistemas de nuestro organismo (sistema digestivo, sistema inmunitario y sistema cardiovascular, entre otros) y el funcionamiento fisiológico de nuestro cerebro; por tanto, con los procesos cognitivos y de aprendizaje.

En la antigua Grecia, los sabios ya postulaban las ventajas de cuidar la dieta. Por otra parte, durante la Roma imperial ya se describían citas universalmente conocidas como *mens sana in corpore*

sano, título del presente apartado. En los últimos años, un mayor número de estudios científicos constatan la importancia de la relación interconectada, interdependiente y bidireccional entre nuestro organismo y los procesos cognitivos y emocionales. En este contexto, coincidiendo con creencias milenarias, el cuidado que tengamos de nuestro cuerpo y de nuestro bienestar físico repercutirá de manera directa sobre el funcionamiento homeostático de nuestro cerebro, sobre su estructura física y, por tanto, en la eficiencia y el desarrollo de las funciones intelectuales superiores de las que dependen los procesos de aprendizaje y memoria.

Alimentación neuroprotectora

Muchos estudios científicos avalan la importancia de la nutrición en el desarrollo cerebral y, por tanto, su influencia en los procesos cognitivos, por lo que la calidad y la cantidad de los alimentos que ingerimos influye directamente sobre la estructura física y el funcionamiento cerebral durante todo el ciclo vital (Kaliman y Aguilar, 2014).

La calidad y la cantidad de los alimentos que ingerimos influye directamente sobre la estructura física y el funcionamiento cerebral durante todo el ciclo vital.

En este sentido, se ha observado que el tipo de dieta que siga regularmente una persona puede promover y acarrear procesos de inflamación y oxidación y, por tanto, convertirse en un factor de riesgo asociado al deterioro cognitivo y al envejecimiento, o bien, por el contrario, puede actuar como factor neuroprotector, promoviendo mecanismos de plasticidad cerebral y neurogénesis (Dauncey, 2009; Gómez-Pinilla, 2008). Asimismo, muchos menús escolares han sido diseñados para el crecimiento de los huesos y de los músculos, y no para las exigencias de aprendizaje del cerebro. Se ha observado que una buena alimentación favorece, sobre todo, los procesos atencionales y la concentración, requisitos para que el aprendizaje se produzca, y que mejora a su vez el estado de ánimo, revirtiendo así, de forma indirecta, en una mejor predisposición al aprendizaje.

Diferentes estudios han puesto especial interés en conocer los efectos de la alimentación durante los primeros años de vida, siendo

una etapa crítica en el desarrollo del SNC de los niños y niñas, tal y como hemos visto en la idea clave 4 (p. 75). Durante esta etapa vital, el cerebro requiere de muchos recursos y energía para que todas las reacciones metabólicas asociadas al neurodesarrollo y al crecimiento neuronal puedan actuar eficientemente; por esta razón, es muy importante que se respeten dos condiciones para ello: una elevada cantidad de horas de sueño y una alimentación con alto contenido proteico.

Los primeros años de vida el cerebro requiere de muchos recursos y energía; por tanto, son necesarias una elevada cantidad de horas de sueño y una alimentación con alto contenido proteico.

En este sentido, se ha comprobado que los niños y niñas que se benefician de una dieta variada y rica en proteínas durante los primeros años de vida tienen unas mejores capacidades cognitivas cuando son mayores. Mientras que tener una mala nutrición durante el primer año de vida es un factor de riesgo para sufrir alteraciones cognitivas durante la edad adulta (Waber y otros, 2014). Estas conclusiones podrían explicar la mayor vulnerabilidad en padecer alteraciones en el desarrollo cerebral observada en criaturas que han crecido en entornos de escasez y desnutrición (Noble y otros, 2015).

Las vitaminas del grupo B regulan el funcionamiento de los diferentes neurotransmisores que permiten el establecimiento de conexiones sinápticas entre células nerviosas.

En primer lugar, uno de los componentes necesarios para una dieta que protege y cuida nuestro cerebro es el de las vitaminas del grupo B. Estas vitaminas se consideran importantes reguladoras para el correcto funcionamiento de los diferentes **neurotransmisores** que permiten el establecimiento de conexiones sinápticas entre células nerviosas (Kennedy, 2016). Por ejemplo, se ha comprobado que la vitamina B6 (o piridoxina) es un elemento clave para la síntesis de neurotransmisores como la serotonina, la noradrenalina, la dopamina y el GABA (Gómez-Pinilla, 2008), fundamentales para el buen funcionamiento de procesos como la atención y la consolidación de la memoria. Concentraciones elevadas de vitamina B6 se pueden encontrar en alimentos como el pescado azul, los pistachos, las lentejas o el plátano, entre otros.

De este modo, estas vitaminas intervienen de forma clara sobre los procesos fisiológicos del SNC y, por consiguiente, modulan la cognición y las emociones que experimentamos a través de cambios en la neuroquímica cerebral. Es más, una falta de vitamina B en la alimentación se ha asociado a una atrofia cerebral y déficits cognitivos relacionados con el envejecimiento (Mathers, 2013), y una deficiencia de vitamina B1 o tiamina, presente en la levadura, las semillas de girasol, los piñones, el lomo de cerdo y la avena, sería la causante del daño cerebral observado en el síndrome de Korsakoff, un conjunto de síntomas cognitivos relacionados con problemas de alcoholismo y malnutrición.

Los primeros años de vida el cerebro requiere de muchos recursos y energía; por tanto, son necesarias una elevada cantidad de horas de sueño y una alimentación con alto contenido proteico.

Por otro lado, es especialmente relevante la importancia del consumo de sustancias antioxidantes, como los polifenoles y las vitaminas C y E, que están presentes en diversas frutas y verduras (bayas, té verde, uva, nueces, avellanas, granada, guayaba o el aceite de oliva) y que son sustancias que promueven procesos de neurogénesis en el cerebro (Spencer, 2008), así como una ralentización del proceso de envejecimiento por su efecto inhibitor sobre los radicales libres, previniendo así el daño y el deterioro celular.

Los antioxidantes, como los polifenoles y las vitaminas C y E, promueven procesos de neurogénesis en el cerebro y una ralentización del proceso de envejecimiento.

Por otra parte, varios autores proponen que el consumo de ácidos grasos poliinsaturados, más conocidos como Omega 3, presentes especialmente en el marisco, el pescado azul y los frutos secos, son necesarios para el desarrollo y la actividad del cerebro durante la infancia, la adolescencia y la edad adulta (Karr, Alexander y Winningham, 2011). De este manera, se ha observado que estas sustancias protegen el cerebro de la muerte neuronal, promueven y potencian procesos de plasticidad en regiones como el hipocampo, modulan la transmisión de neurotransmisores implicados en el aprendizaje, e incluso algunos estudios ponen de manifiesto que podrían ser un complemento eficaz para reforzar el rendimiento cognitivo asociado a trastornos como la enfermedad de Alzheimer, la

depresión o el TDAH (Rathod, Kale y Joshi, 2016; Gómez-Pinilla, 2011).

Los ácidos grasos poliinsaturados (Omega 3) son necesarios para el desarrollo y la actividad del cerebro durante la infancia, la adolescencia y la edad adulta.

Otros estudios que han generado bastante revuelo en el campo de la nutrición son los que tienen que ver con los beneficios físicos y cognitivos del ayuno intermitente y la restricción calórica tanto en animales (Li, Wang y Zuo, 2013) como en humanos (Mattson, Longo y Harvie, 2017) en la edad adulta. Parece ser que cuando hace más de 12, 16 o 18 horas que no ingerimos alimentos la disminución de glucosa en sangre hace que nuestro organismo entre en cetosis, lo que induce al catabolismo de grasas para obtener energía y estos mecanismos moleculares podrían repercutir de forma positiva en diferentes sistemas.

Este estado de ayuno está relacionado con diferentes beneficios físicos, como la reducción de indicadores de inflamación, la disminución de triglicéridos o la limitación del crecimiento de células cancerígenas. A nivel de SNC, resultados experimentales muestran que un estado de restricción calórica también estaría vinculado a un aumento de niveles del factor neurotrófico **BDNF** (Katare y otros, 2009), una proteína que promueve el crecimiento de las dendritas de las neuronas, favoreciendo así el establecimiento de nuevas sinapsis y promoviendo la plasticidad sináptica que subyace a los procesos de aprendizaje y memoria, a la vez que podría estimular la neurogénesis en regiones cerebrales como el hipocampo. Estos mecanismos podrían estar implicados en la mejora de ciertos procesos cognitivos y podrían explicar la capacidad de la restricción calórica para favorecer el envejecimiento saludable y enlentecer la aparición de las enfermedades neurodegenerativas.

Los beneficios de la restricción calórica se han observado cuando se lleva a cabo durante la edad adulta, pero no es una práctica recomendable en el caso de los niños y niñas, pues necesitan el aporte suficiente de proteínas, vitaminas, minerales, grasas y carbohidratos para su crecimiento.

Los beneficios de la restricción calórica se han observado cuando este procedimiento se lleva a cabo durante la edad adulta. En este sentido, no es recomendable privar de comida a los niños, puesto que están en edad de crecimiento y necesitan el aporte suficiente de

proteínas, vitaminas, minerales, grasas y carbohidratos. No obstante, los elevados índices de obesidad infantil en las sociedades occidentalizadas ponen de manifiesto que, a menudo, tanto adultos como niños estamos sobrealimentados. De hecho, en algunas ocasiones, los niños no comen porque tengan hambre, sino porque se les exige, y en otras se come una cantidad mucho mayor de lo que el propio organismo necesita.

Alimentación neuroopresora

Evidentemente, una carencia de alimentos relevantes para el funcionamiento cerebral como los que se han citado antes se ha visto relacionada con alteraciones tanto fisiológicas como cognitivas. Por esta razón, es igual de importante intentar evitar alimentos que pueden ser perjudiciales como consumir de manera sistemática los alimentos que permiten la síntesis de aminoácidos esenciales y tienen propiedades antioxidantes, por tanto, neuroprotectores.

Entre los alimentos que más evidencia científica acumulan en torno a sus consecuencias negativas sobre el funcionamiento del cerebro están aquellos con altas proporciones de ácidos grasos saturados y grasas *trans*, es decir, los alimentos hipercalóricos. Se ha asociado su consumo habitual con el aumento de procesos inflamatorios en el cerebro, con el deterioro cognitivo y el envejecimiento (Treviño y otros, 2015).

Tan importante es evitar alimentos perjudiciales como consumir de manera sistemática alimentos neuroprotectores.

Estudios con animales de laboratorio han demostrado que la ingesta de una dieta alta en azúcar y en grasas saturadas produce una disminución de los procesos de plasticidad cerebral en regiones como el hipocampo, debido a una reducción de una molécula neurotrófica como es el BDNF, asociado a un declive en su rendimiento cognitivo. Como hemos comentado anteriormente, el BDNF protege las neuronas de efectos nocivos oxidativos y metabólicos y, junto con otros factores neurotróficos, provoca efectos beneficiosos en la plasticidad sináptica implicada en la memoria y el aprendizaje.

Dietas hipercalóricas estarían condicionando que los cerebros vieran disminuida su capacidad plástica y, si tenemos en cuenta que la plasticidad neural es la base biológica que sustenta los procesos de aprendizaje y memoria, estaríamos hablando de cerebros menos plásticos, menos preparados para el aprendizaje.

En esta línea, también se ha observado una disminución de la sensibilidad de los receptores del neurotransmisor glutamato, un tipo de receptores de membrana claramente implicados en los procesos de plasticidad neural, debido a un consumo excesivo de productos hipercalóricos (Valladolid-Acebes y otros, 2012). En este sentido, estas dietas estarían condicionando que los cerebros vieran disminuida su capacidad plástica y, si tenemos en cuenta que la plasticidad neural es la base biológica que sustenta los procesos de aprendizaje y memoria, estaríamos hablando de cerebros menos plásticos, menos preparados para el aprendizaje.

Por otro lado, hay que tener especial cuidado con el uso frecuente de **psicoestimulantes** en niños y niñas y adolescentes. Estudios recientes ponen de manifiesto que consumir psicoestimulantes diariamente puede repercutir también, de forma negativa, sobre los procesos de aprendizaje y memoria. Así, productos como el chocolate o las bebidas azucaradas que contienen sustancias excitantes producen efectos negativos sobre el procesamiento cognitivo y, al mismo tiempo, pueden convertirse en un factor de vulnerabilidad, potenciando los efectos reforzantes de otras sustancias adictivas posteriormente (Temple, 2009).

El consumo diario de psicoestimulantes puede repercutir negativamente en los procesos de aprendizaje y memoria, y convertirse en factor de vulnerabilidad, potenciando los efectos reforzantes de otras sustancias adictivas posteriormente.

Debemos tener en cuenta que durante miles de años de evolución nuestra especie ha consumido básicamente alimentos frescos como carne, pescado, fruta, verdura o tubérculos. Mucho más tardíamente, se incorporaron los cereales como el arroz o el trigo, fruto de la revolución agrícola. Y hace solo algunas décadas que consumimos productos procesados y refinados que, a menudo, contienen muchas sustancias químicas que no son alimentos.

Aunque de momento sigue siendo un tema muy controvertido y hasta que no pase algún tiempo no conoceremos el alcance real que estos productos procesados tienen sobre nuestra salud, es importante

tener en cuenta que cuando los niños y niñas se acostumbran a consumir este tipo de productos, que trabajan sobre el sustrato neural del refuerzo, generando una sensación de placer y promoviendo que se repita su consumo, estamos dificultando que consuman alimentos no procesados. A veces, no es tan importante lo que comen como lo que dejan de comer.

En este sentido, poder identificar los alimentos que promueven el desarrollo cerebral y los procesos de aprendizaje, así como aquellos que pueden dificultarlos, es una información relevante a la hora de promover una alimentación saludable en las escuelas, tanto en el diseño de menús escolares como en la transmisión de esta información al alumnado y a las familias.

Cuando los niños se acostumbran a consumir este tipo de productos, que trabajan sobre el sustrato neural del refuerzo, estamos dificultando que consuman alimentos no procesados.

El chocolate: ¿es igual de sano que placentero?

Si bien la relación entre el consumo de cacao y una mejora en el estado de ánimo parece evidente, en neurociencia, como es habitual, podemos encontrar algunos estudios contradictorios. Un estudio muy curioso demostró que las mujeres embarazadas que habían consumido chocolate de manera regular durante su embarazo tenían bebés que mostraban mayores niveles de actividad y bienestar que los de madres abstinentes de cacao (Räikkönen y otros, 2004).

El polvo de cacao no azucarado es rico en triptófano, un aminoácido esencial que una vez metabolizado en el SNC se convierte en serotonina (el *neurotransmisor del bienestar*). También podemos encontrar dos componentes que podrían ejercer un efecto positivo sobre el estado de ánimo, como son la anandamida y la feniletilamina. Finalmente el cacao contiene una sustancia psicoestimulante, la teobromina cuyos efectos podrían ser la excitación y la activación.

¿Qué componentes del cacao pueden ser los causantes? En primer lugar, el polvo de cacao no azucarado es rico en triptófano, un aminoácido esencial que una vez metabolizado en el SNC se convierte en serotonina (el *neurotransmisor del bienestar*), y un déficit en los niveles de esta molécula se ha relacionado con alteraciones del

estado de ánimo, fatiga e insomnio. Junto con el triptófano, en el cacao puro podemos encontrar dos componentes que podrían ejercer un efecto positivo sobre el estado de ánimo, como son la anandamida y la feniletilamina. Sin embargo, su concentración es muy baja y es difícil pensar que pueda tener un efecto trascendente. Además, el cacao contiene una sustancia psicoestimulante, la teobromina (sustancia similar a la cafeína), cuyos efectos podrían ser la excitación y la activación, que podrían potenciar también los efectos reforzantes de este producto.

Aunque todos estos datos parezcan indicar que el consumo de cacao tiene un efecto fisiológico claro sobre la mejora del estado de ánimo y el bienestar de nuestro organismo, no podemos olvidar que nuestras vías cerebrales del placer ya reaccionan ante las imágenes del chocolate sin llegar a ingerirlo debido, probablemente, a influencias ambientales, puesto que, culturalmente, hemos aprendido a asociar el chocolate con el premio o con el consuelo. En este sentido, es probable que nuestras expectativas y experiencias previas estén influyendo sobre la sensación de placer anticipatoria que nos produce comer algún dulce.

Por otro lado, tampoco podemos olvidar que el exceso de alimentos azucarados y refinados conlleva consecuencias claramente negativas para nuestra salud física y mental. De este modo, si bien el consumo de cacao puro puede tener efectos positivos para nuestro bienestar, las grasas y los azúcares que acompañan al chocolate que habitualmente consumimos, que no son niveles bajos, pueden convertirse en un factor de riesgo para nuestra salud y bienestar mental.

¿Cuánta agua se debe consumir para estar bien hidratados?

La deshidratación grave es una situación de desequilibrio homeostático que puede tener como consecuencia una alteración de los procesos cognitivos. La sed es una conducta instintiva que nos motiva a beber líquidos, la cual permite regular y mantener equilibrado el contenido de agua de nuestro organismo. Cuando tenemos sed es porque han disminuido los niveles de agua del cuerpo o bien ha

aumentado la concentración sanguínea de sal. En ambos casos, el cuerpo libera algunas sustancias para aumentar la presión sanguínea e iniciar la sensación de sed; si la situación se mantiene en el tiempo, se activa la respuesta de estrés (Ornstein y Sobel, 1987).

Dado que el cerebro está formado por un mayor porcentaje de agua que cualquier otro órgano del cuerpo, una deshidratación importante provoca, rápidamente, una disminución de la atención y la concentración, y puede perjudicar nuestro estado de ánimo. En este sentido, no tiene ninguna lógica prohibir al alumnado que consuma agua cuando quiera y cuando lo necesite para poder rehidratar sus cerebros.

Además, cuando paramos para poder beber agua, a menudo también buscamos una pequeña pausa, un momento de *brain break*, en el que se refocaliza la concentración y que suele ir acompañado de un aumento de los niveles atencionales. Así, beber agua cuando nuestra atención decae es un acto que a menudo realizamos de forma inconsciente y que nos ayuda a prestar atención de nuevo. En este contexto, se ha encontrado que niños y niñas de educación primaria realizaban mejor una tarea que requería de un buen funcionamiento ejecutivo cuando habían consumido agua en comparación con los que no habían bebido (Khan y otros, 2015).

El cerebro está formado por un mayor porcentaje de agua que cualquier otro órgano del cuerpo, una deshidratación importante provoca, rápidamente, una disminución de la atención y la concentración, y puede perjudicar nuestro estado de ánimo.

No obstante, el hecho de obligar a los alumnos y alumnas a ingerir una cantidad específica de agua al día y regularlo de forma externa no parece estar justificado científicamente (Howard-Jones, 2011). En primer lugar, tenemos que considerar que nuestro cuerpo necesita mayor o menor cantidad de agua en función de las condiciones ambientales, por ejemplo, la cantidad de ejercicio físico o movimiento que se ha realizado, la temperatura ambiental, la cantidad de alimentos con sal ingeridos, la cantidad de otros alimentos que llevan altas proporciones de agua, y la propia constitución, entre otros.

Beber agua cuando nuestra atención decae nos ayuda a prestar atención de nuevo. Se ha constatado que niños y niñas de educación primaria realizaban mejor una tarea que requería de un buen funcionamiento ejecutivo cuando habían consumido agua en comparación con los que no habían bebido.

De lo anterior se desprende que no todos necesitamos la misma cantidad de agua; tampoco necesitamos beber lo mismo todos los días. Parece más interesante que el agua esté disponible para que los alumnos y alumnas de todas las edades puedan autorregularse, y los maestros y docentes debemos ofrecer la posibilidad de beber agua. Solamente tendría sentido monitorizar a los niños y niñas más pequeños cuando han realizado ejercicio físico intenso o bien en condiciones de altas temperaturas.

No todos necesitamos la misma cantidad de agua, ni todos los días necesitamos beber lo mismo. El agua debe estar a disposición del alumnado, de modo que él mismo pueda autorregular su consumo. Solo tendría sentido monitorizar a los más pequeños en el caso de ejercicio físico intenso o altas temperaturas.

Aporte científico. La importancia del desayuno

Si bien los aportes científicos comentados hasta el momento parecen indicar una relación positiva entre unos hábitos de alimentación saludables y un buen estado cerebral y cognitivo, son pocos los estudios que han evaluado estas relaciones con niños y niñas y adolescentes en el ámbito académico. Así, vamos a recoger aquí algunos estudios realizados en poblaciones de estudiantes de diferentes edades.

El estudio observacional publicado por Kim y otros (2016) en la revista *Medicine* tuvo por objetivo evaluar la influencia de varios elementos de la dieta (frutas, refrescos, comidas rápidas, dulces, verduras y leche) y la regularidad de las comidas (desayuno, almuerzo y cena) en el rendimiento académico en una muestra de más de 350.000 participantes de edades comprendidas entre los 12 y los 18 años. Otros datos de control como la actividad física, los niveles de obesidad, lugar de residencia, niveles de estrés y nivel sociocultural de la familia también fueron analizados y utilizados como variables de control.

Las conclusiones principales del estudio destacaron diversas observaciones muy interesantes. Por un lado, se observó una asociación positiva entre el rendimiento académico y la regularidad en el desayuno, de manera que los alumnos y alumnas que desayunaban de forma regular rendían mejor en clase. Por otro lado, se describió

otra correlación positiva con el consumo de frutas y leche y una relación negativa con el uso regular de refrescos, comidas rápidas y dulces, de manera que aquellos niños y niñas cuya alimentación se fundamentaba en un mayor consumo de frutas y leche rendían mejor que aquellos cuya alimentación incluía bebidas azucaradas y grasas *trans*. Este estudio confirmó, pues, estudios previos similares sobre rendimiento y hábitos dietéticos, especialmente teniendo en cuenta la relación entre desayunar y un mayor rendimiento académico en los alumnos y alumnas de estas edades.

El alumnado que desayunaba de forma regular rendía mejor en clase. Asimismo, los niños y niñas cuya alimentación se fundamentaba en un mayor consumo de frutas y leche rendían mejor que aquellos cuya alimentación incluía bebidas azucaradas y grasas *trans*.

Uno de los grupos internacionales que más atención ha puesto en estudiar la importancia del desayuno para el aprendizaje es el de la profesora Louise Dye, de la Universidad de Leeds (Adolphus y otros, 2016; 2017). Los hallazgos sugeridos en sus recientes revisiones sugieren que el desayuno, en comparación con el ayuno, tiene unos efectos positivos claros en los procesos cognitivos, sobre todo a corto plazo, es decir, durante la misma mañana después de haber desayunado o no (cuadro 15).

Estos estudios mostraron que las tareas que requieren atención, función ejecutiva y memoria se veían claramente facilitadas y potenciadas gracias al consumo de desayuno. Lamentablemente, es difícil sacar conclusiones firmes sobre los efectos de la composición del desayuno y los efectos de este a largo plazo debido a ciertas limitaciones metodológicas en los estudios que impiden determinar relaciones causales de forma directa.

Los estudios mostraron que las tareas que requieren atención, función ejecutiva y memoria se veían claramente facilitadas y potenciadas gracias al consumo de desayuno.

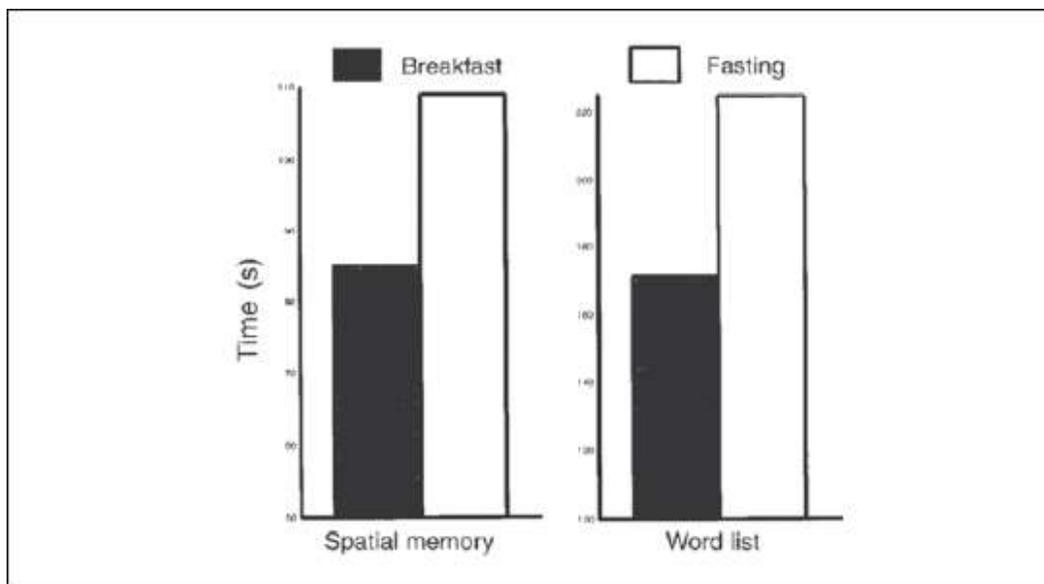
Por otro lado, la literatura científica muestra que los niños y niñas y adolescentes pueden ser particularmente sensibles a los efectos nutricionales del desayuno en la actividad cerebral y su relación con los procesos cognitivos derivados. En este sentido, los niños muestran un mayor metabolismo de glucosa en el cerebro comparado con los adultos, y durante la infancia y la adolescencia el período de ayuno

durante la noche es más largo debido a su mayor necesidad de horas de sueño.

Este hecho se asocia con una disminución de sus reservas de **glucógeno** al despertarse. Para poder mantener la tasa metabólica tan elevada que demanda su cerebro, sería necesario un suministro continuo de energía derivada de la glucosa, de modo que el desayuno podría ser crítico para proporcionar la energía necesaria durante las primeras horas del día. Sin embargo, el desayuno es la comida que se suele omitir con mayor frecuencia, ya que los datos muestran que, en Europa, entre el 20-30% de los niños y niñas y adolescentes se saltan el desayuno (Deshmukh-Taskar y otros, 2010; Corder y otros, 2011), de manera que cada vez más escuelas contemplan la posibilidad de incorporar un desayuno compartido en clase a media mañana para compensar estas carencias.

el desayuno es la comida que se suele omitir con mayor frecuencia, en Europa, entre el 20-30% de los niños y niñas y adolescentes se saltan el desayuno.

Cuadro 15. Influencia del desayuno en la ejecución de dos tareas cognitivas, la primera de memoria espacial y la segunda de memoria verbal. Las barras negras representan el grupo de alumnos y alumnas que ha desayunado y las barras blancas el que no lo ha hecho



Fuente: Benton y Parker, 1998

En la práctica

Propuesta de desayuno neurosaludable

Algunas escuelas están promoviendo, muy acertadamente, la aplicación de programas de desayunos escolares neuroprotectores y saludables durante las etapas infantil, primaria y secundaria.

En estas propuestas dietéticas, se tiene en cuenta que en los desayunos no solamente se ingieran alimentos ricos en hidratos de carbono, como se viene haciendo habitualmente, sino que también se incorporen alimentos ricos en proteínas, vegetales, grasas y lácteos.

En el cuadro 16 se presentan ejemplos de alimentos que pueden formar parte de los programas de desayuno escolares (o informar y recomendar su uso a las familias). Se recomienda seguir la columna entera, pero también se pueden combinar las diferentes columnas de cada una de las filas de nutrientes.

Cuadro 16. Nutrientes y alimentos de un programa de desayuno escolar

		NUTRIENTES				
		Lácteos	Hidratos de carbono	Vegetales	Proteína	Grasas poliinsaturadas
ALIMENTOS		<ul style="list-style-type: none"> • Leche de coco o de almendra. • Yogurt de vaca o de cabra. • Queso fresco. • Leche de soja. • Leche de vaca. • Kéfir de cabra. • Kéfir de oveja. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pan integral. • Avena. • Maíz. • Quinoa. • Arroz integral. • Linaza y sésamo. • Cebada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aguacate. • Zumo de remolacha, zanahoria y manzana. • Zumo de arándanos, jengibre y limón. • Zumo de naranja y mango. • Zumo de espirulina y plátano. • Zumo de piña, granada y chía. • Frutas variadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Huevo. • Nueces y almendras. • Pavo o pollo. • Jamón ibérico. • Atún. • Moniato. • Salmón. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aceite de oliva. • Aceite de coco. • Aceite de soja. • Margarina de maíz. • Germen de trigo. • Pipas de girasol. • Miel.

Fuente: Elaboración propia

Incluyendo este tipo de alimentos en los desayunos estaremos garantizando que los niños y niñas y adolescentes reciban los nutrientes necesarios e indispensables para un correcto y eficiente desarrollo de su cerebro, así como un óptimo funcionamiento cognitivo basándonos en el consumo energético y equilibrio neuroquímico necesarios.

En primer lugar, es habitual el uso de leche y productos lácteos en el desayuno de los niños y adolescentes, y es muy recomendable que así sea. Los productos lácteos no solamente son una fuente de calcio imprescindible, sino también de vitaminas A, B y D y otros minerales, como magnesio y fósforo, componentes esenciales para un cerebro en desarrollo y un organismo en crecimiento.

Asimismo, algunos estudios han relacionado, desde un punto de vista evolutivo, el consumo de leche proveniente de otras especies animales con el aumento de algunos efectos perjudiciales para la salud, sobre todo en cuanto a intolerancias y alergias alimenticias (Gerbault y otros, 2011). Aunque estos estudios no pueden ser considerados del todo concluyentes puesto que hay algunos resultados contradictorios, sí parece claro que no todas las leches serían igual de beneficiosas para nuestro organismo.

Por ejemplo, se ha observado que en adolescentes es más recomendable el consumo de leche entera que desnatada. Un estudio observó una correlación positiva entre el consumo de leche desnatada y la presencia de obesidad, pero no con la leche entera (Berkey y otros, 2005), y otros estudios han relacionado el consumo de la grasa de la leche con un aumento de la saciedad a través de su contenido en Omega 3 (Huang y otros, 2004).

En este contexto, se ha observado que el consumo de leche de vacas alimentadas con pasto es más saludable que la de las vacas de corral alimentadas con cereales. Además de ser el trato más ético para estos animales y que comporta un menor uso de antibióticos, es una leche con mayor cantidad de ácido linoleico conjugado (Smit, Baylin y Campos, 2010), una sustancia con un elevado potencial antioxidante, y con mayores concentraciones de Omega 3 (Hebeisen y otros, 1993). Además, también se ha visto

que cuanto menos procesada sea la leche mayores cantidades de nutrientes contiene (Zurera, Moreno y Amaro, 1994).

Por otro lado, si bien es importante que los alumnos y alumnas consuman alimentos ricos en hidratos de carbono en su desayuno, es recomendable que estos sean hidratos de carbono complejos o de absorción lenta. Los hidratos de carbono son fundamentales para que nuestro organismo y nuestro cerebro se pongan en funcionamiento, ya que se transforman rápidamente en glucosa y en energía para nuestro cuerpo. La ventaja de los carbohidratos de absorción lenta es que su transformación en glucosa es más lenta que la de los hidratos de carbono simples, así los niveles de azúcar en sangre se mantienen más estables, evitando picos de glucosa en poco tiempo (hiperglucemia), y haciendo que nuestro cuerpo se mantenga saciado durante muchas más horas.

Por el contrario, si basamos los desayunos de los niños y niñas y adolescentes en carbohidratos simples y azúcares refinados, como los cereales azucarados, las galletas o el pan blanco, estaremos promoviendo que se produzca este pico de glucosa en sangre inmediatamente después de su consumo. Estos altos niveles de azúcar en sangre son a corto plazo, y al cabo de poco nuestro organismo sufre una hipoglucemia reactiva que hará que volvamos a tener sensación de hambre. Cuando nuestro organismo necesita aumentar los niveles de azúcar en sangre, es habitual que nos apetezca consumir algún otro producto refinado para conseguirlo rápidamente, contribuyendo así a la ingesta de estos tipos de alimentos de forma repetida a lo largo del día.

Otro elemento que no puede faltar en un desayuno son los alimentos de origen vegetal, ya sean frutas u hortalizas, o su fabulosa combinación. Los alimentos que se presentan en el cuadro 16 (en la p. 108), como la remolacha, la granada y los arándanos, son alimentos con grandes propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, y ricos en polifenoles y vitaminas. También el aguacate es un fruto con una interesante composición nutricional, por sus elevadas concentraciones de vitaminas, magnesio y Omega 3.

Cuando hablamos de consumo de frutas, es importante tener en cuenta que será más recomendable el consumo de la pieza de fruta entera que no en zumo, puesto que con los zumos hay el riesgo de

concentrar en un solo vaso la fructosa de varias piezas de fruta, aumentando así el índice glucémico de nuestra ingesta. Por otro lado, es recomendable licuar y no exprimir las frutas con el fin de evitar perder su contenido de fibra.

A continuación, tal y como hemos mencionado anteriormente, es muy importante incluir proteínas en los desayunos. Sabemos que las proteínas contienen aminoácidos que son esenciales para la síntesis de neurotransmisores, así como para los mecanismos de plasticidad cerebral, permitiendo un correcto funcionamiento de los mecanismos de neurodesarrollo, como los procesos cognitivos asociados al aprendizaje.

En este orden de ideas, los especialistas en evolución de la Universidad de Harvard Zink y Lieberman (2016) afirman que la incorporación de los alimentos con importantes cantidades de proteínas, como la carne, en la dieta del ser humano tuvo un papel crítico en la evolución de la inteligencia de los homínidos y en su neurodesarrollo. La incorporación de la carne parece que causó una reducción del tamaño de la mandíbula y de los dientes y una disminución de las demandas energéticas del sistema digestivo, lo cual supuestamente permitió un aumento del tamaño del cerebro y de su potencial.

Las proteínas están presentes sobre todo en alimentos de origen animal y en los productos lácteos, los huevos, la carne, el pescado y el marisco, aunque también es posible conseguir proteínas de origen vegetal en alimentos como las legumbres, la quinoa, el arroz, el amaranto, la chía o los frutos secos.

Finalmente, es relevante que incluyamos también una proporción de alimentos ricos en ácidos grasos poliinsaturados durante el desayuno. Este tipo de grasas saludables no las produce nuestro organismo, motivo por el cual es importante incorporarlas a través de la alimentación, puesto que tienen un papel muy relevante en nuestro bienestar físico y mental. Al contrario que las grasas saturadas y *trans*, estas grasas tienen beneficios en diferentes sistemas de nuestro organismo, sobre todo a nivel de sistema cardiovascular.

Tal y como hemos explicado anteriormente, nuestro sistema nervioso requiere de la ingesta de ácidos grasos esenciales, como son el omega 3 y el omega 6, para su correcto funcionamiento y

desarrollo. Su consumo puede estar interviniendo en la mejora del funcionamiento cognitivo de forma directa sobre la estructura física y química de nuestro cerebro, así como a través de la mejora del estado de ánimo. Además de los alimentos indicados en el cuadro 16, las nueces y el pescado azul tienen altas concentraciones de este tipo de grasas saludables.

Idea clave 6

¿Cómo intervienen los procesos atencionales en el aprendizaje?



La atención es la puerta de entrada al aprendizaje y condiciona de forma crítica los procesos de aprendizaje y memoria.

¿Qué entendemos por atención?

Desde una perspectiva neurobiológica, la atención es un mecanismo cognitivo básico que nos permite estar en alerta y conscientes para poder interactuar con el entorno y seleccionar aquella información relevante, ignorando a la vez la información irrelevante, en función de nuestras necesidades o metas para garantizar una conducta adaptativa y exitosa al medio.

Desde el prisma educativo, la atención se considera la puerta de entrada del aprendizaje, puesto que es necesario que el niño atienda, dirija su atención y la mantenga para que la información sea procesada, codificada, interpretada, almacenada y, más tarde, recuperada, siendo condición necesaria e indispensable para el aprendizaje. Aunque nos preocupemos de diseñar nuestra práctica docente hasta el último detalle para garantizar al máximo las oportunidades de aprendizaje de nuestro alumnado, si el niño o adolescente no atiende a lo que estamos haciendo en clase, no se va

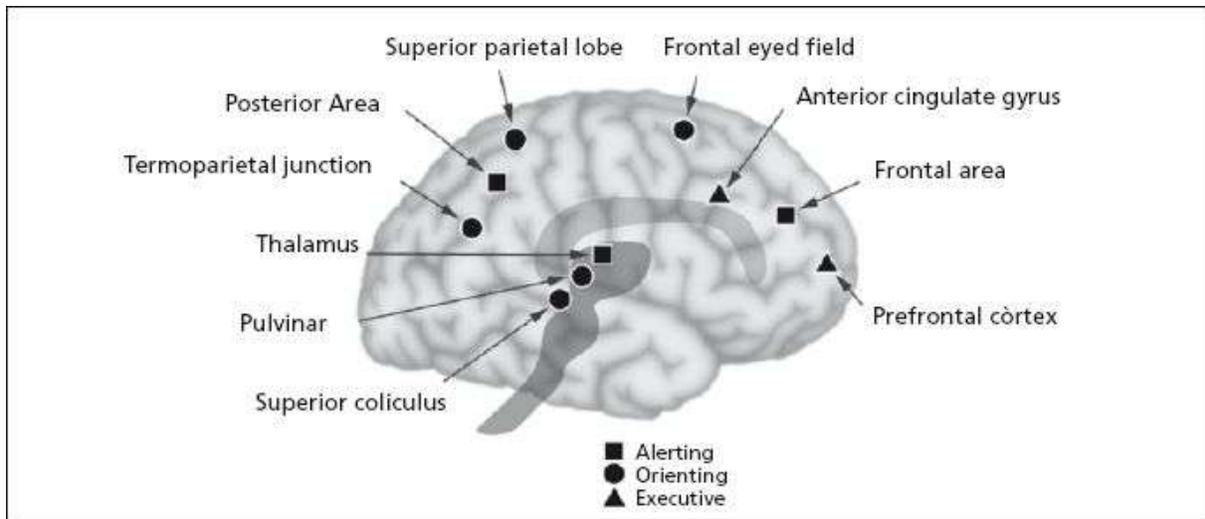
a procesar esa información, ni se va a aprender, ni se va a recordar, y el proceso atencional depende, principalmente, del sujeto que aprende.

Si bien sabemos que los procesos atencionales son diversos e intervienen de forma crítica en otras funciones cognitivas más complejas, se puede afirmar que implican la participación, como mínimo, de tres subsistemas ordenados de menor a mayor grado de sofisticación y desarrollo y que se sostienen en redes neurales diferenciadas e interdependientes: la alerta, la orientación o selección atencional y el control ejecutivo (cuadro 17).

El sistema de alerta, también conocido como *estado atencional general* o *arousal*, se considera el estado básico de activación del organismo, el cual permite que podamos estar conscientes y procesar información proveniente del entorno a través de nuestros órganos sensoriales. En este sentido, el sistema de alerta permite mantener de forma prolongada en el tiempo un estado de vigilancia mínima necesaria para asegurar una correcta entrada de estímulos y su posterior procesamiento. Cuando dormimos, perdemos este estado de alerta, estamos inconscientes, desconectados del mundo exterior, y por este motivo es imposible que podamos aprender, otro de los neuromitos más extendidos. No obstante, durante el sueño, se activan mecanismos de plasticidad cerebral, de elevada importancia para la consolidación de la memoria.

Diversos estudios han demostrado que una elevada tasa de estimulación, o sobreestimulación, es capaz de disminuir la respuesta del sistema de alerta, y que diversas condiciones como la fatiga, el aburrimiento, tareas de elevada dificultad y las necesidades primarias como el frío o el hambre también pueden deteriorar su funcionamiento. En este sentido, es un sistema atencional muy demandante y vulnerable, que implica un elevado coste energético, provocando inevitablemente que se produzca un agotamiento mental que hace necesarios descansos periódicos para poder recuperar su efectividad.

Cuadro 17. Bases neuroanatómicas de las tres redes atencionales: alerta (cuadrados), orientación (redondas) y control ejecutivo (triángulos)



Fuente: Posner y Rothbart, 2007

La selección u orientación atencional, también denominada *atención selectiva*, consiste en la capacidad que tenemos de poder elegir la información relevante del entorno y dirigir la conducta para lograr los objetivos deseados. Continuamente estamos siendo bombardeados por gran cantidad de estímulos presentes en nuestro entorno, y el proceso de selección atencional nos permite atender solo a aquellos que consideramos de forma más o menos consciente como importantes y desatender otros muchos estímulos que no llegarán a ser procesados, ni codificados, ni posteriormente recordados. Podríamos entender este sistema atencional como un filtro que permite que cierta información del entorno sea procesada y otros muchos estímulos que también nos rodean no.

Respecto al entorno escolar, se ha demostrado que un aula excesivamente decorada tiene un efecto disruptivo sobre la función atencional y el rendimiento de los alumnos y alumnas, y lo mismo produce un exceso de ruido del exterior. Como maestros y maestras, podemos intentar minimizar siempre que podamos el impacto que tiene el entorno físico más inmediato sobre la capacidad atencional de nuestro alumnado, disminuyendo así los factores distractores, aunque a menudo estos pueden no ser estímulos externos, sino internos, como pensamientos, emociones, recuerdos o preocupaciones del alumno que pueden tener un efecto disruptivo sobre su función atencional.

Solemos pensar que gozamos de una gran capacidad atencional y que somos conscientes de todo lo que nos rodea, pero no es así. Este foco o **filtro atencional** es en realidad muy estrecho y limitado; cuando focalizamos nuestra atención en algo, inevitablemente obviamos e ignoramos muchísima otra información del entorno que se considera irrelevante, pero como no nos damos cuenta de todo aquello que no procesamos no somos conscientes del foco atencional tan limitado que tenemos y de todo lo que nos perdemos en este proceso selectivo.

Para comprobarlo, un buen ejercicio es grabarnos en clase. Es un muy buen ejercicio para muchas otras cosas de cara a la autoevaluación docente y la práctica reflexiva de toda la situación de enseñanza-aprendizaje, pero sobre todo sirve para darnos cuenta de cuántas cosas ocurrieron mientras estábamos en el aula y se nos pasaron completamente por alto. Este hecho tampoco debe preocuparnos en exceso, puesto que las ratios son las que son y nuestra capacidad atencional es la que es, pero tenerlo presente puede ayudarnos a entender que en nuestra aula están pasando muchas más cosas de las que sabemos.

En este proceso de selección, la atención puede orientarse o bien de manera involuntaria, guiada por la estimulación externa, proceso conocido como *atención exógena* –como cuando alguien te pide que le prestes atención–, o bien de forma voluntaria, de acuerdo con los objetivos y las expectativas de los individuos, conocida como *atención endógena* (Posner, 1980). Un ejemplo cotidiano para entender este proceso de selección atencional guiada de forma endógena que quizá habréis experimentado es cuando las mujeres nos quedamos embarazadas y de repente solo vemos mujeres embarazadas, cochecitos y bebés por la calle. La explicación no es que haya habido un *baby boom* en tu entorno más cercano, sino que tu filtro atencional ha cambiado de forma individual y subjetiva, y eso hace que fijes la atención en aquellos estímulos del ambiente que ahora te parecen más relevantes, cuando antes no lo eran, aunque seguían existiendo.

Como veremos más adelante, en la idea clave 7 (p. 129), los factores emocionales y motivacionales son clave para el aprendizaje e intervienen críticamente sobre los procesos atencionales, de manera que aquello que más nos interesa, más nos llama la atención. En este sentido, sería importante respetar en el aula los intereses y las

motivaciones personales de cada uno de los alumnos y alumnas, y utilizarlos como motor de aprendizaje mediante una práctica de aula diversificada, abierta y flexible en la que, a través de situaciones de libre elección, se intente dar respuesta a la diversidad de motivaciones que presenta nuestro alumnado.

Por el contrario, la fatiga atencional y la distracción acontecen más fácilmente en situaciones de demanda atencional exógena (o externa), es decir, cuando debemos atender a un estímulo externo a nosotros de forma pasiva. Sin embargo, esto no pasa cuando la demanda atencional es endógena (o interna) y orientamos nuestra atención hacia la consecución de objetivos y metas propios a través de un aprendizaje activo y basado en la acción sobre aquello que nos interesa. Un cambio metodológico en la práctica docente orientado al *learning by doing* implica desplazar el foco atencional en el aula, del docente que enseña al alumno o alumna que aprende, optimizando así, indudablemente, sus respuestas atencionales y motivacionales.

Finalmente, el tercer y último mecanismo atencional, el más moderno filogenéticamente y el más sofisticado, es el control ejecutivo. Como su nombre indica, forma parte de la función ejecutiva, y es la habilidad que tenemos de procesar información de manera continuada en el tiempo, inhibiendo estímulos distractores e irrelevantes del entorno, a la vez que nos permite procesar y dar respuesta de manera rápida y eficiente delante de información novedosa o en situaciones inesperadas. Sobre las funciones ejecutivas hablaremos con más detalle en la idea clave 9 (p. 165).

En este sentido, nuestro cerebro tiene una tendencia innata y está diseñado para detectar la novedad en nuestro entorno, de manera que todo lo desconocido llama nuestra atención inevitablemente. De algún modo, si estuvierais viendo vuestro programa de televisión favorito, orientando y manteniendo vuestra atención de forma endógena y voluntariamente, y de repente entrara un extraterrestre por la ventana del comedor, no podríais evitar dirigir vuestra atención hacia ese estímulo, por mucho que os estuviera interesando el programa televisivo.

Esta respuesta atencional tiene una función claramente evolutiva y ligada a nuestra supervivencia, ya que necesitamos conocer todo aquello que es nuevo de nuestro entorno para saber si es bueno, malo, nos lo podemos comer o debemos salir corriendo porque

supone una amenaza. Esta necesidad exploratoria se reconoce muy fácilmente en los niños y niñas más pequeños, puesto que para ellos todo es nuevo y todo supone un descubrimiento irresistible de ser explorado, pero también los adolescentes y los adultos presentamos esta tendencia innata a detectar los estímulos novedosos de forma sobresaliente.

Por este motivo, es importante innovar en el aula e innovar sin miedo. Porque si lo que ocurre en el aula es sumamente repetitivo y predecible, si no incorpora ningún mínimo elemento de sorpresa o de incertidumbre, la respuesta atencional y motivacional tiende a disminuir rápidamente.

Por otro lado, la curiosidad responde a esta tendencia innata del cerebro a detectar la novedad y a querer comprender el mundo que nos rodea, de manera que, cuando se nos plantea una contradicción o un resultado inesperado, las preguntas que estas situaciones nos proyectan y la necesidad de darles una respuesta y una explicación demandará nuestra atención y motivará a los alumnos y alumnas a la acción.

En estas metodologías basadas en preguntas o problemas que hay que resolver, es importante que el docente procure no dar las respuestas, ya que así interferiría en el proceso de indagación que haya iniciado el alumnado, y que se centre en acompañar su propio proceso de búsqueda ofreciendo la ayuda ajustada, si es necesaria y cuando sea necesaria. En este sentido, es igualmente importante conseguir que los estudiantes se empoderen y se responsabilicen de su propio proceso de aprendizaje, promoviendo así el desarrollo de capacidades metacognitivas muy útiles para la vida como la monitorización y la autoevaluación, así como su autonomía e iniciativa.

Construcción de la realidad

Una vez la información que nos rodea ha traspasado los filtros atencionales y es captada por nuestros órganos sensoriales para acceder a nuestro SNC, la información sensorial es percibida de manera consciente a nivel de corteza cerebral. Es decir, esta información sensorial entrante es analizada, elaborada, organizada,

integrada e interpretada en función de nuestra experiencia previa y de nuestros esquemas mentales.

La información sensorial entrante es analizada, elaborada, organizada, integrada e interpretada en función de nuestra experiencia previa y de nuestros esquemas mentales.

Debemos tener en cuenta que este proceso perceptivo que nos permite conocer e interpretar el mundo no es objetivo, es decir, lo que percibimos del entorno no son meras copias de los estímulos que hay en el exterior. Por el contrario, nuestras percepciones son interpretaciones subjetivas que difieren cualitativamente de esos estímulos externos, ya que el cerebro solo extrae ciertas partes de información de esos estímulos y reconstruye de forma activa las percepciones conscientes (Morgado, 2012).

Por tanto, teniendo en cuenta que tanto los filtros atencionales como los procesos perceptivos son individuales y subjetivos, puesto que ambos dependen de los intereses o necesidades personales, podemos afirmar que el proceso de aprendizaje, el cual depende especialmente de la atención y la percepción, va a ser también individual, subjetivo y personal para cada uno de nuestros alumnos y alumnas.

En este sentido, no podemos pretender que todos los alumnos y alumnas que tenemos en el aula aprendan lo mismo, de la misma manera y en el mismo momento realizando las mismas actividades todos por igual. Pretender esto, que a menudo lo hacemos mediante propuestas derivadas de la uniformidad curricular, supone no tener en cuenta que el proceso de aprendizaje es individual y subjetivo, y que está condicionado por multitud de factores personales que hacen que cada alumno seleccione la información, interprete el mundo y construya su propio aprendizaje de forma única y a su propio ritmo.

El proceso de aprendizaje es individual, subjetivo y personal para cada uno de nuestros alumnos y alumnas.

Para intentar dar respuesta a esta realidad y a esta diversidad, las propuestas metodológicas que giran en torno a la personalización del aprendizaje y la flexibilidad curricular parecen las mejores opciones para aumentar las oportunidades de aprendizaje de todos los aprendices. De hecho, todas las medidas metodológicas, curriculares y evaluativas que se recomiendan para mejorar la inclusión educativa

darían una mejor respuesta a las necesidades educativas reales que presentan cada uno de los alumnos y alumnas, sin fijarnos solo en aquellos estudiantes que presentan una mayor necesidad de soporte educativo.

Las medidas metodológicas, curriculares y evaluativas que se recomiendan para mejorar la inclusión educativa darían una mejor respuesta a las necesidades educativas reales que presentan cada uno de los alumnos y alumnas, sin fijarnos solo en aquellos que presentan una mayor necesidad de soporte educativo.

Algunas de las posibles medidas que se han descrito para flexibilizar el diseño curricular y la práctica de aula son:

- Proponer diversidad de actividades y propuestas metodológicas para el mismo objetivo de aprendizaje.
- Prever diferentes actividades con diferentes grados de complejidad que se adapten a los diferentes niveles de cada alumno.
- Planificar diversidad de metodologías activas que requieran de la participación de todo el alumnado (trabajo en equipo, por parejas, cooperativo).
- Organizar los contenidos de aprendizaje en ámbitos integradores e interdisciplinarios que hagan más accesible y abierta la participación y el interés del alumnado (aprendizaje globalizado).
- Equilibrar los cuatro tipos de contenidos por igual: factuales, conceptuales, procedimentales y actitudinales.
- Seleccionar y utilizar materiales diversos (visuales, auditivos, audiovisuales, escritos).
- Diversificar los procedimientos de evaluación (heteroevaluación, coevaluación, autoevaluación).

Por otro lado, debemos tener en cuenta que todas estas informaciones sensoriales deben ser ordenadas, organizadas e integradas de forma coordinada en el cerebro para que nuestra percepción del mundo sea lo más funcional posible. En algunos casos de trastornos del neurodesarrollo, como por ejemplo en los **trastornos de espectro autista** (TEA), sabemos que se presentan dificultades para integrar la información perceptiva y organizarla en la mente, de manera que pueden estar percibiendo y procesando el mundo de forma desordenada. Estos problemas de **integración sensorial** explicarían por qué en muchos casos las personas con TEA presentan respuestas anormales a algunos estímulos, a menudo con umbrales de respuesta

demasiado elevados o demasiado bajos, con lo cual pueden molestarles algunos estímulos de forma exagerada, y también se explicaría su dificultad para integrar la información de forma global mostrando una tendencia clara a procesar los detalles.

Todas las informaciones sensoriales deben ser ordenadas, organizadas e integradas de forma coordinada en el cerebro para que nuestra percepción del mundo sea lo más funcional posible.

Aporte científico. TDAH: ¿realidad o ficción?

El TDAH se define por ser un trastorno del desarrollo que afecta de forma específica al sistema atencional de alerta y al sistema de atención ejecutiva. Aunque a menudo se ha relacionado este trastorno con una disminución atencional, parece que sería más ajustado hablar de un exceso de atención, puesto que cuando el sistema ejecutivo de la atención falla, el alumno o alumna es incapaz de inhibir todos los estímulos irrelevantes y distractores del entorno para focalizarse solo en los relevantes, de manera que no podría atender lo suficiente a estos últimos, precisamente porque estaría atendiendo a todos los estímulos por igual, generándose así un efecto distractor continuo.

En relación con el TDAH, sería más ajustado hablar de un exceso de atención, puesto que, cuando el sistema ejecutivo de la atención falla, el alumno o alumna estaría atendiendo a todos los estímulos por igual, generándose así un efecto distractor continuo.

¿Os imagináis intentar atender al discurso del maestro mientras estáis atendiendo también al resto de estímulos de vuestro entorno como la respiración del compañero, un lápiz que se cae, el ruido de la cremallera del estuche de la compañera, el pájaro que se asoma por la ventana de clase o incluso la sensación que produce la ropa sobre la piel?

En el DSM-V (el Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales, APA, 2014), este trastorno aparece recogido dentro de los trastornos del desarrollo neurológico y se caracteriza por presentar *problemas atencionales* (no presta atención, no escucha, no sigue instrucciones, tiene dificultades para organizar actividades, pierde objetos, se distrae, olvida actividades cotidianas...) que pueden ir acompañados o no de *hiperactividad e impulsividad* (se mueve, corre

y salta en exceso, abandona su asiento con frecuencia, habla en exceso, se precipita en sus respuestas, no respeta su turno, interrumpe a los otros, etc.).

Aunque el uso de fármacos para el tratamiento del TDAH es tema de controversia, su objetivo es actuar sobre el sustrato neural afectado aumentando la transmisión de ciertos neurotransmisores en la corteza prefrontal, y facilitar el desarrollo de los mecanismos de atención y aprendizaje que están mermados.

El TDAH es uno de los trastornos más prevalentes en población escolar; por este motivo, genera mucha controversia y opiniones muy contrapuestas dentro del campo educativo, sobre todo debido al tratamiento farmacológico que acompaña, hoy por hoy, la intervención multimodal. El principio activo de los diferentes fármacos indicados para el tratamiento del TDAH (Rubifen®, Concerta® o Equasym®) es el metilfenidato, un derivado anfetamínico con efectos psicoestimulantes que a menudo conlleva efectos secundarios no deseables en niños y niñas en edad de crecimiento, como son la pérdida del apetito, el insomnio o la pérdida de peso. Si bien su utilización es un tema muy controvertido, el objetivo de estos fármacos es el de actuar sobre el sustrato neural afectado en el TDAH aumentando la transmisión de ciertos neurotransmisores en la corteza prefrontal, y facilitar así el desarrollo de los mecanismos de atención y aprendizaje que están mermados.

Aunque creemos que es importante que cada docente se documente y justifique una opinión propia bien fundamentada y crítica al respecto, sí nos parece adecuado comentar aquí algunos de los estudios neurocientíficos más relevantes llevados a cabo al respecto, y publicados muy recientemente en una de las revistas científicas de mayor prestigio, *The Lancet Psychiatry*.

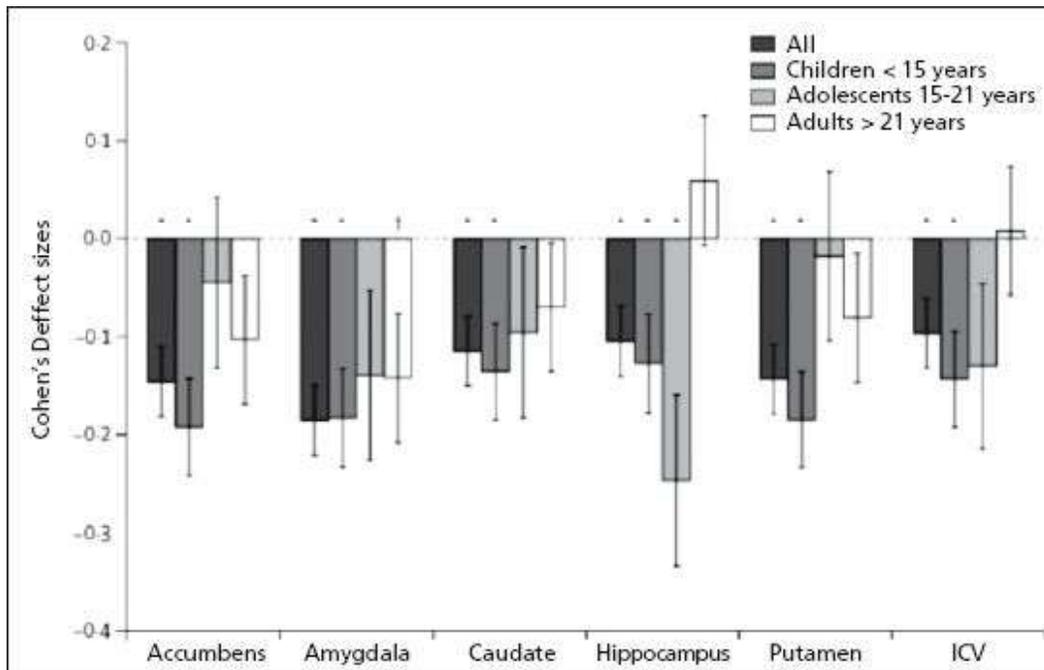
Este trabajo, de Hoogman y otros (2017), se considera un estudio de elevado valor y potencia científicos, puesto que se trata de un estudio de metaanálisis en el que se valoraron de forma conjunta los datos recogidos en muchos estudios realizados sobre TDAH, obteniendo así muestras de sujetos muy elevadas y aumentando su potencia estadística. En este caso, se recogieron datos de neuroimagen estructural de 1.713 sujetos diagnosticados con TDAH y 1.529 sujetos controles con edades desde los 4 hasta los 63 años.

Lo que observaron cuando analizaron todos los datos de forma conjunta es que había diferencias de tamaño en muchas estructuras subcorticales entre los

sujetos con TDAH respecto a sus controles por edad.

Lo que observaron cuando analizaron todos los datos de forma conjunta es que había diferencias de tamaño en muchas estructuras subcorticales entre los sujetos con TDAH respecto a sus controles por edad. Estructuras como la amígdala, el núcleo accumbens, el núcleo caudado o el hipocampo presentaban volúmenes más pequeños en los sujetos con TDAH respecto a los controles sanos durante la infancia y la adolescencia, pero también se vio que en muchos casos estas diferencias de tamaño se normalizaban en la edad adulta (cuadro 18).

Cuadro 18. Diferencias de tamaño entre los sujetos con TDAH y los sujetos controles para diversas estructuras subcorticales y para el volumen intracraneal (ICV) para toda la muestra, niños (menor de 15 años), adolescentes (15-21 años) y adultos (mayor de 21 años)



Fuente: Hoogman y otros, 2017

Lo que parece mostrar este estudio es que, realmente, el TDAH tendría una base neurobiológica que explicaría su sintomatología, pero que en muchos de los casos podría tratarse de un retraso madurativo en algunas estructuras cerebrales que se vería normalizado en la edad adulta. De hecho, los estudios epidemiológicos señalan que, en la edad adulta, aproximadamente un 70% de los niños y niñas y

adolescentes diagnosticados de TDAH dejan de necesitar la medicación, y solo un 30% seguiría medicándose.

El TDAH tendría una base neurobiológica que explicaría su sintomatología, pero que en muchos de los casos podría tratarse de un retraso madurativo en algunas estructuras cerebrales que se vería normalizado en la edad adulta.

Así pues, el debate debería trasladarse a si debemos medicar a estos niños y niñas cuando, en muchos de los casos, se trata de un retraso madurativo que se va a normalizar con la edad. A menudo, la decisión de medicar o no a estos niños y niñas (decisión que compete únicamente a las familias) se sustenta en el posible sufrimiento que estén padeciendo por no ser capaces de dar respuesta a las demandas y exigencias escolares.

Debemos tener presente que esta dificultad se da, sobre todo, cuando la demanda escolar es muy exigente, rígida y normalizadora, de manera que el tipo de práctica de aula se convierte en una barrera para el aprendizaje y la participación de estos niños y niñas, puesto que no se adapta a sus posibles necesidades y limitaciones, y se demandan acciones para que sean ellos los que se adapten al ritmo *normal* del aula.

Cuando la demanda escolar es muy exigente, rígida y normalizadora, el tipo de práctica de aula se convierte en una barrera para el aprendizaje y la participación de los niños y niñas con TDAH.

Por este mismo motivo, cada vez hay más familias con niños y niñas que no encajan en un sistema educativo muy tradicional o normalizador que optan por opciones de escolaridad más flexibles y con ratios más reducidas, como pueden ser las escuelas rurales. Este tipo de escuelas, muchas veces, suponen menos barreras para el aprendizaje de estos chicos, puesto que, al tratarse de grupos mucho más diversos, con alumnos y alumnas de distintas edades, distintos niveles de desarrollo y distintas necesidades educativas, la práctica pedagógica que ahí se lleva a cabo es mucho más abierta y flexible, de manera que es más fácil que puedan participar de las oportunidades de aprendizaje.

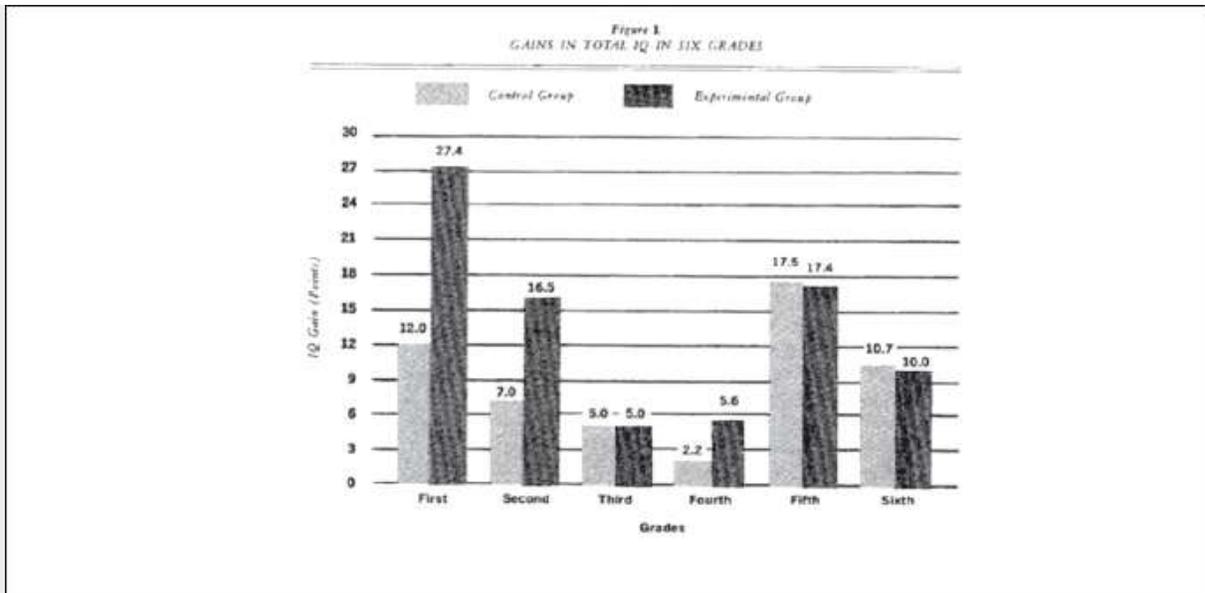
En la práctica

El efecto Pigmalión

Otra de las importantes repercusiones de los procesos atencionales y perceptivos ligados a la subjetividad que debemos tener en cuenta en el entorno escolar es el del peso de las expectativas del docente sobre los alumnos y alumnas en clase, y cómo esto va a influir en el filtro atencional del docente y, a la vez, sobre el rendimiento del alumnado, lo que se conoce como efecto Pigmalión.

En 1965, Robert Rosenthal y Lenore Jacobson llevaron a cabo un experimento en una escuela pública de primaria. Supuestamente, midieron el nivel de inteligencia de sus alumnos y alumnas, y dieron los resultados a su profesorado indicando cuáles eran los estudiantes que habían sobresalido más en el test. El caso es que la selección de estos estudiantes *sobresalientes* fue al azar, no se hizo sobre la base de ninguna medida de inteligencia, y lo que constataron cuando volvieron a la escuela al cabo de un año es que estos alumnos y alumnas seleccionados al azar eran los que mayores mejoras presentaban respecto a sus otros compañeros y compañeras, sobre todo en los primeros cursos de primaria (cuadro 19).

Cuadro 19. Aumento de puntos en el cociente de inteligencia entre el grupo experimental (aquel alumnado que había sido elegido al azar) y el grupo control, para los diferentes cursos de primaria



Fuente: Rosenthal y Jacobson, 1968

Con este estudio, los autores demostraron que las expectativas que tenían los maestros sobre las capacidades de sus alumnos y alumnas influían de forma crítica en el rendimiento de estos, de manera que de aquellos cuyas expectativas por parte del profesor eran más elevadas eran los que más mejoraban en su rendimiento.

La construcción de categorías y etiquetas por parte del profesorado condiciona la conducta del alumnado en clase, de manera que las expectativas positivas contribuyen al éxito y las expectativas negativas contribuyen al fracaso. Es lo que se conoce como *profecía autocumplida*, término acuñado por el sociólogo Robert K. Merton en 1948.

Según Good (1987), estas expectativas y etiquetas se crean sobre diversas características: complexión corporal, género, grupo étnico, nombre de pila o apellido, belleza, dialecto, nivel socioeconómico, manera de vestir, actitudes en el aula, etc. Y, por lo visto, la profecía autocumplida funciona también en el sentido inverso, de manera que los estudiantes se crean expectativas respecto a sus profesores y profesoras utilizando las mismas características (Hunsberger y Cavanagh, 1988).

Debemos tener en cuenta que, muchas veces, creamos estas expectativas ya el primer día de clase, y dado que las primeras impresiones suelen ser duraderas puede ser muy difícil cambiarlas,

con lo que algunos alumnos y alumnas van a tener claras ventajas, mientras que otros, definitivamente, no las van a tener. De hecho, el peso de estas expectativas también interfiere de forma clara sobre nuestro filtro atencional, tal y como hemos visto anteriormente, de manera que sin darnos cuenta nos vamos a fijar más en aquellas conductas que confirman nuestras expectativas previas y menos en aquellas que las contradicen. Es lo que en psicología se conoce como *sesgo confirmatorio*, que hace que veamos lo que queremos ver: las buenas conductas de aquellos alumnos y alumnas etiquetados como *buenos* y las malas conductas de aquellos otros etiquetados como *malos*, reforzándose así nuestras expectativas cada vez más.

Cuando hemos etiquetado a un alumno como *vago* o *conflictivo*, aumentan de forma muy clara las posibilidades de que nuestro trato hacia él ayude a que nuestras profecías o expectativas negativas se hagan realidad. En cambio, si etiquetamos a otro alumno como *estudioso* u *obediente*, automáticamente aumentarán las interacciones con él o ella en las que transmitamos esas expectativas, contribuyendo así a que el alumno viva y se comporte conforme a nuestra profecía positiva. Crearemos con él un mejor clima emocional, le daremos mayores oportunidades de respuesta, le sonriremos más, mantendremos mayor contacto ocular, le elogiaremos más y le criticaremos menos, etc.

El etiquetaje, la imagen que continuamente retornamos a nuestros alumnos y alumnas sobre cómo creemos que son, contribuye de forma crítica a la construcción de su autoconcepto y su autoestima, de manera que si retornamos una imagen positiva contribuimos a un autoconcepto y autoestima positivos, y una imagen negativa contribuye a construir un autoconcepto y una autoestima negativos.

Es importante, pues, que como docentes racionalicemos estas expectativas o prejuicios y demos siempre una imagen positiva a cada alumno. Es evidente que todas las personas tenemos prejuicios y etiquetamos a los demás. Es inevitable, puesto que depende de un proceso automático y económico que ha diseñado nuestro cerebro para clasificar de forma rápida el mundo que nos rodea.

En este sentido, es normal que los docentes tengamos más afinidad por algunos alumnos y alumnas que por otros, igual que tenemos más afinidad con algunos compañeros y compañeras de trabajo que con otros. Sin embargo, siendo conocedores de la importancia y el peso real que tienen nuestras expectativas sobre la construcción de la personalidad y sobre el rendimiento de nuestros alumnos, es obligación nuestra hacer estos prejuicios y etiquetas conscientes, racionalizarlos, y asegurarnos de que damos un trato equitativo y que proyectamos unas expectativas positivas a todo nuestro alumnado. Las expectativas positivas son siempre motor de desarrollo, aprovechémonos de ello en clase.

Por otro lado, sabiendo cómo las etiquetas y las expectativas intervienen en nuestros filtros atencionales, haciendo que nos fijemos más en aquello que esperamos ver, es importante obligarnos a observar y valorar a todo nuestro alumnado de forma equitativa. Para ello, puede ser útil recurrir a instrumentos de observación que nos obliguen a fijarnos por igual en cada alumno y alumna (así nos aseguramos de que observamos también al alumnado que pasa más desapercibido), o realizar actividades de evaluación anónimas, con el fin de que no influya en nuestra valoración saber de quién procede un ejercicio.

Finalmente, una pauta interesante que podemos introducir en nuestra práctica docente para disminuir el uso de etiquetas en nuestros alumnos y alumnas es procurar, en la medida de lo posible, sustituir el verbo *ser* por el verbo *estar* cuando queramos describir su comportamiento. En este sentido, será muy diferente explicarle a un compañero, o a nuestro propio estudiante, que es una persona inteligente o que es un perezoso, que decirle que ha estado muy ingenioso o que ha estado desmotivado en la tarea. Así, cuando utilizamos el verbo *ser*, solemos comunicar una descripción rígida y estable en el tiempo sobre la persona de quien hablamos, con poca probabilidad de que cambie. Mientras que el utilizar el verbo *estar* implica que el comportamiento del alumno ha dependido de la situación descrita y que, por consiguiente, puede cambiarse por otra conducta diferente en un futuro. Es especialmente importante cuando hacemos el traslado de información a otro compañero o compañera, o cuando hay un

cambio de curso, así como cuando hablamos con las familias del desarrollo de sus hijos e hijas.

Idea clave 7

¿Es verdad que solamente aprendemos aquello que nos emociona?



No es verdad. La memoria emocional es automática, rígida y muy duradera. Pero nuestro cerebro está continuamente aprendiendo conceptos, habilidades y procedimientos, aunque no haya una fuerte activación emocional implicada en ellos.

¿Qué son las emociones?

En las últimas décadas, nos encontramos ante un creciente interés científico por la comprensión de los mecanismos neurobiológicos que intervienen en los procesos emocionales, aunque este sea un ámbito no exento de cierta polémica, puesto que las emociones tienen un marcado carácter subjetivo y, durante mucho tiempo, ha estado discutida su viabilidad como objeto de estudio dentro de los ámbitos científicos, que buscan ante todo la objetividad y el rigor.

Con todo, a lo largo de la historia ha habido mucho interés por este campo y han sido muchos los pensadores y científicos dedicados al estudio de los procesos emocionales; incluso filósofos de la Antigüedad como Platón o Aristóteles plantearon teorías

genuinas sobre las emociones. A partir del siglo XIX, el estudio de las emociones se empezó a separar del ámbito de la filosofía y comenzó ya a incorporarse al campo de la psicología experimental y la neurobiología, aunque ha sido en las últimas décadas cuando las emociones han generado mayor atracción entre los neurocientíficos.

Uno de los científicos pioneros en estudiar este campo fue Charles Darwin, que describió en su libro *La expresión de las emociones en el hombre y en los animales* (Darwin, 1872) los primeros conceptos científicos sobre emociones. Otro de los precursores en investigar las emociones desde una perspectiva psicofisiológica fue el psicólogo William James, quien destacó la función de las respuestas periféricas, autónomas y motoras, como el aumento de la frecuencia cardíaca y la sudoración o la respuesta en la expresión facial, en la formación de las experiencias emocionales (James, 1884). Esta perspectiva se puede relacionar, actualmente, con la hipótesis del marcador somático propuesta por Damasio (1994), en la cual profundizaremos más adelante.

Las emociones se consideran respuestas psicofisiológicas innatas e instintivas a ciertos estímulos, tanto externos como internos (objetos, lugares, personas o recuerdos), que se han conservado a lo largo de nuestra evolución por su elevado valor adaptativo. Pueden ser consideradas funciones biológicas del SNC que han evolucionado como respuestas innatas e instintivas de nuestro organismo, especializadas en facilitar la supervivencia de la especie. Son respuestas filogenéticamente antiguas (el resto de especies animales cuenta con respuestas emocionales primarias similares a las nuestras) y básicamente inconscientes que permiten al sujeto buscar un estado de equilibrio en caso de desequilibrio (como el hambre o el cansancio) y energizarlo en caso de defensa o huida (respuestas ante una amenaza).

En este contexto, se considera que la respuesta emocional primaria engloba tres componentes principales:

1. *Componente fisiológico*. Es la respuesta de nuestro sistema nervioso periférico, encargado de activar nuestros órganos y glándulas y liberar diferentes tipos de hormonas en el torrente sanguíneo. Este componente se relacionaría con los cambios en

el ritmo cardíaco, en la presión arterial o en la temperatura corporal, entre otros.

2. *Componente conductual*. Se refiere a los cambios en los patrones de acción de nuestro cuerpo que requieren una contracción de la musculatura esquelética; suele acompañarse de un movimiento o una acción. Por ejemplo, la expresión facial, la postura corporal o el desplazarse de un sitio a otro como parte de la respuesta emocional.
3. *Componente cognitivo*. Es el componente subjetivo de la emoción, denominado *sentimiento*. Se trata de las representaciones mentales acerca de los cambios fisiológicos emocionales, es decir, cómo valoramos y etiquetamos desde el pensamiento esa reacción emocional, y representa el componente consciente que acompaña a toda experiencia emocional. En este sentido, un sentimiento tiene una mayor complejidad y suele ser más estable y duradero en el tiempo, y la intensidad puede ser menos notoria.

Multitud de estudios confirman que estos tres componentes interactúan entre ellos a través de relaciones bidireccionales para generar las complejas respuestas emocionales de los humanos, sin embargo, se ha observado que no siempre funcionan de manera sincrónica (LeDoux, 1999). Por esta razón, a lo largo de la historia, diferentes autores han querido proporcionar modelos teóricos sobre el orden en que estos componentes emocionales se experimentan y cuál es causa o consecuencia del otro.

Dicho de otro modo, diferentes autores se han preguntado qué es lo que acontece primero, la respuesta de llanto o el sentimiento de tristeza, o lo que es lo mismo: ¿Estamos tristes porque lloramos, o lloramos porque estamos tristes? Actualmente, podemos afirmar que la respuesta de llanto tendría lugar antes de la respuesta sentimental consciente de tristeza. Esto concuerda con la teoría clásica de James-Lange (1884). Dicha teoría plantea que la emoción surge directamente de la conciencia que tienen los sujetos de los cambios corporales (fisiológicos y motores) que experimentan ante ciertos estímulos. En otras palabras, según este modelo teórico, las personas están tristes porque lloran, en vez de llorar porque están

tristes, de manera que la respuesta fisiológica innata del llanto se interpretaría posteriormente a nivel cognitivo como sentimiento de tristeza, lo cual nos podría llevar a justificar que lloramos porque estamos tristes, aunque fue la respuesta de llanto la que tuvo lugar en primer lugar, pero de un modo inconsciente.

Actualmente, y relacionado con esta teoría, el modelo que más se acerca a explicar el funcionamiento de las emociones es la hipótesis del marcador somático de Antonio Damasio (1994). Este modelo teórico propone que la interpretación de las emociones y, por tanto, la experiencia subjetiva que tenemos sobre las mismas, se genera a partir de señales o marcadores somáticos generados gracias a las modificaciones fisiológicas en el propio cuerpo. Según estos autores, el recuerdo que tenemos asociado a una activación fisiológica concreta (rubor, sudor en las manos, taquicardia o relajación muscular) nos ayuda a identificarla y etiquetarla de modo subjetivo como una emoción u otra.

Esta teoría también explica que la toma de decisiones (y, por tanto, los procesos cognitivos relacionados con el funcionamiento ejecutivo) sea un proceso guiado también por señales periféricas conectadas con las emociones y los sentimientos. Por ejemplo, cuando queremos tomar una decisión y tenemos varios escenarios posibles, en el momento de valorar de manera racional los inconvenientes y ventajas de cada posibilidad estamos activando diferentes marcadores somáticos de tipo emocional que nos ayudan a tomar la decisión adecuada. Así, de acuerdo con el modelo, los marcadores somáticos pueden generarse a partir de dos tipos de eventos: estímulos externos que de modo innato o aprendido han sido asociados con estados emocionales, o estímulos internos a partir de recuerdos personales o hipotéticos de un evento emocional (por ejemplo, recordar o imaginar la situación que nos produce un estado emocional concreto) (Bechara, Damasio y Damasio, 2003).

Por tanto, es evidente que los seres humanos no somos seres únicamente racionales, sino seres que integramos continuamente nuestra cognición con nuestra emoción. En este sentido, las regiones cerebrales que se encargan de los procesos cognitivos están íntimamente conectadas con las regiones cerebrales que participan directamente en la respuesta emocional, formando

circuitos neuronales bidireccionales. De este modo, podemos afirmar que no hay razón sin emoción; que cualquier decisión que tomamos, por más razonada que esté, tiene un fuerte componente emocional que puede ser más o menos consciente, así que un enfoque emocional en el ámbito educativo es vertebral, ya que las emociones determinarán cómo se dan los procesos de enseñanza-aprendizaje (Morgado, 2010).

Aprendizaje, memoria y emociones

Los avances en neurociencia demuestran que nuestro cerebro está preparado para atender, procesar y consolidar de manera más rápida y eficiente los contenidos y las experiencias que tienen lugar en situaciones de aprendizaje asociadas a vivencias emocionalmente intensas. No se le escapa a nadie que aquellas experiencias que hemos vivido acompañadas de un fuerte componente emocional se graban en nuestra memoria de una forma mucho más duradera que otras experiencias emocionalmente más neutras.

Nuestro cerebro está preparado para atender, procesar y consolidar de manera más rápida y eficiente los contenidos y las experiencias que tienen lugar en situaciones de aprendizaje asociadas a vivencias emocionalmente intensas.

Durante el procesamiento y codificación de un estímulo con una fuerte carga emocional para el individuo, se da de forma simultánea una activación de estructuras del sistema límbico, especialmente de la amígdala, que favorecen la liberación de neurotransmisores activadores como la noradrenalina y la adrenalina en regiones fundamentales para la consolidación de la memoria como son el hipocampo y la corteza cerebral, provocando así una potenciación emocional de la memoria (LaBar y Cabeza, 2006).

Como dice uno de los autores de referencia en el campo de la neurociencia educativa, Francisco Mora (2013), se aprende aquello que se ama, lo que produce una respuesta emocional positiva en el momento de ser aprendido. Pero sabemos que esto es cierto tanto en emociones placenteras como en emociones que nos provocan malestar. Así, experiencias acompañadas de respuestas

emocionales negativas también tienen un efecto potenciador de la memoria, básicamente porque nuestro organismo interpreta las respuestas emocionales como marcadores biológicos de que aquello que se está experimentando es importante para nuestra supervivencia, y aumenta su recuerdo.

Se aprende aquello que se ama, lo que produce una respuesta emocional positiva en el momento de ser aprendido. Esto es cierto tanto en emociones placenteras como en emociones que nos provocan malestar.

Por tanto, el proceso de aprendizaje se ve aumentado tanto por una respuesta emocional positiva como negativa. Ahora bien, puestos a escoger, en situaciones de enseñanza-aprendizaje debemos optar siempre por potenciar las respuestas emocionales positivas ya que, como las respuestas emocionales tienen un componente claramente inconsciente, podemos estar realizando a la vez un aprendizaje asociativo, vinculando el aprendizaje con la respuesta emocional. Es decir, si de forma reiterada asociamos las experiencias de aprendizaje a emociones negativas tipo estrés, miedo o fracaso, de forma inconsciente vamos a estar asociando el aprendizaje con respuestas negativas, de manera que, a la larga, puede que no nos queramos seguir exponiendo a situaciones de enseñanza-aprendizaje ni queramos seguir aprendiendo.

El proceso de aprendizaje se ve aumentado tanto por una respuesta emocional positiva como negativa; si optamos por potenciar las respuestas emocionales positivas, realizaremos al mismo tiempo un aprendizaje asociativo, vinculando el aprendizaje con la respuesta emocional.

De hecho, si los alumnos asocian de manera repetida los momentos de aprendizaje con sentimientos de miedo, fracaso y rechazo, podemos estar induciendo un fenómeno que en psicología se denomina *indefensión aprendida* (Seligman, 1972). Es decir, el alumno puede llegar a aprender a comportarse de manera pasiva, ya que interpreta que no es capaz de aprender un contenido o resolver un problema, y que haga lo que haga no podrá responder adecuadamente, a pesar de que existen oportunidades reales de que sea capaz de actuar satisfactoriamente. Por el contrario, si repetidamente asociamos las experiencias de aprendizaje a emociones positivas relacionadas con la satisfacción, la confianza y

el éxito, a largo plazo vamos a querer seguir aprendiendo toda la vida.

Si el alumnado asocia de manera repetida los momentos de aprendizaje con sentimientos de miedo, fracaso y rechazo, podemos estar induciendo indefensión aprendida.

En esta línea, estudios recientes demuestran la activación de estructuras cerebrales implicadas en el aprendizaje y la memoria en contextos de aprendizaje emocionalmente positivos (Erk y otros, 2003) que estarían facilitando los procesos de aprendizaje. En este sentido, un clima de aula relajado, de confianza, donde los niños y niñas no se sientan cuestionados, ni juzgados, ni evaluados, y donde se sientan respetados, reconocidos y queridos, favorecerá de forma clara los procesos de enseñanza-aprendizaje que ahí puedan tener lugar.

Un clima de aula relajado, donde los niños y niñas no se sientan cuestionados, ni juzgados, ni evaluados, y donde se sientan respetados, reconocidos y queridos, favorecerá los procesos de enseñanza-aprendizaje.

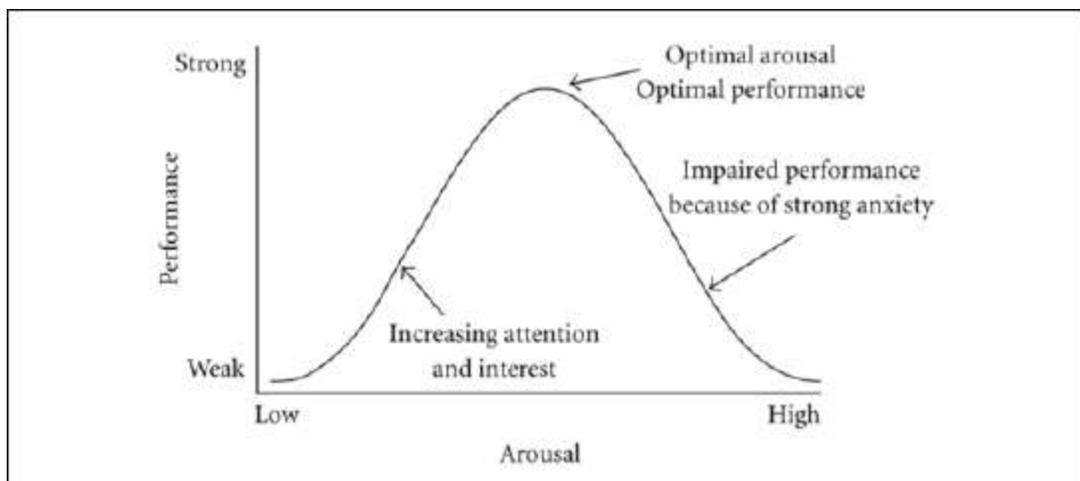
No obstante, hay que tener muy en cuenta en el aula que no siempre a mayor activación emocional tenemos una mayor capacidad de aprendizaje, y que tampoco un nivel mínimo de activación facilita el rendimiento de los alumnos y alumnas. Así lo demuestra la ley de Yerkes-Dodson (1908), resultado de los estudios que realizaron en torno a la influencia de la activación fisiológica de una persona en el rendimiento en tareas de aprendizaje.

El rendimiento será óptimo si el nivel de activación es moderadamente elevado; en cambio, si es demasiado alto o demasiado bajo, repercutirá de forma negativa en el resultado de la tarea y en el proceso de aprendizaje.

El modelo de Yerkes y Dodson (cuadro 20) plantea que la relación entre activación o respuesta de estrés y rendimiento se puede representar en forma de U invertida. Esto significa que el rendimiento será óptimo si el nivel de activación es moderadamente elevado; en cambio, si es demasiado alto o demasiado bajo, repercutirá de forma negativa en el resultado de la tarea y en el proceso de aprendizaje. Así, este modelo teórico sugiere que el mejor modo de potenciar el rendimiento de nuestro alumnado

consiste en aumentar la demanda y la exigencia de forma moderada y óptima para cada alumno y alumna, asegurando así su motivación para llevar a cabo las tareas objetivo, si bien es igualmente importante procurar que la carga de trabajo no llegue a ser sobreactivadora, puesto que ello interferiría con el desarrollo natural de la actividad y generaría sentimientos desagradables relacionados con la ansiedad y el estrés emocional que pueden dificultar el aprendizaje y la ejecución de la tarea.

Cuadro 20. Representación gráfica de la ley de Yerkes-Dodson en la que se relacionan los niveles de activación fisiológica (*arousal*) con la ejecución de la tarea (*performance*)



Fuente: Diamond y otros, 2007b

En este sentido, a la hora de diseñar una práctica pedagógica debemos cuestionarnos a partir de qué momento nuestra propuesta de aprendizaje puede suponer un reto para los niños y niñas, un desafío, provocando así una respuesta de estrés positiva, motivante y una activación que provoca la acción y la buena ejecución; y a partir de qué momento, si el reto sobrepasa sus capacidades de afrontamiento, puede convertirse en una amenaza que puede estar limitando sus capacidades, generando ansiedad y agotamiento.

El mejor modo de potenciar el rendimiento es aumentar la demanda y la exigencia de forma moderada y óptima para cada alumno y alumna, y procurar que la carga de trabajo no llegue a ser sobreactivadora, puesto que ello puede generar ansiedad y estrés emocional que dificultará el aprendizaje y la ejecución de la tarea.

Hay que tener en cuenta que las diferencias individuales entre los alumnos y alumnas juegan un papel muy importante en el nivel de activación óptimo para la respuesta motivacional de cada uno de ellos y ellas. Así, es posible que lo que para un niño puede ser un reto estimulante para otro sea una amenaza paralizadora e insuperable. Esto ocurre, sobre todo, cuando optamos por propuestas de aula uniformadoras en las que todos los niños y niñas deben hacer lo mismo y de la misma manera, y se les evalúa a todos por igual; pero si optamos por propuestas de aula abiertas, flexibles, más inclusivas, que tengan en cuenta diferentes niveles de complejidad y dificultad, y planteamos las propuestas docentes en formato de libre elección, el propio alumnado podrá elegir qué nivel de dificultad es el que más se adecua a sus capacidades, y trabajará de forma autónoma en función de sus posibilidades y necesidades educativas.

En las propuestas de aula abiertas y en formato de libre elección, el alumnado podrá elegir qué nivel de dificultad se adecua a sus capacidades, y trabajará de forma autónoma en función de sus posibilidades y necesidades educativas.

De este modo, estaríamos promoviendo situaciones de estrés positivo y potenciando contextos de aprendizaje emocionalmente positivos, relajados y motivadores, y, al mismo tiempo, evitaríamos experiencias de estrés negativo, estresantes y hostiles, teniendo en cuenta las consecuencias negativas relacionadas con la cronicidad de este tipo de respuestas en un cerebro en desarrollo, tal y como se ha explicado en la idea clave 3 (p. 51).

Inteligencia emocional y autorregulación

Tal y como hemos ido explicando hasta el momento, actualmente se conoce el elevado poder que tienen las emociones y los sentimientos en nuestra manera de pensar y actuar. De hecho, las respuestas emocionales están muy presentes en nuestras vidas (siendo responsables de nuestras reacciones espontáneas), pueden distorsionar nuestros recuerdos, intervienen de forma determinante en la toma de decisiones y en la planificación de nuestro futuro, determinan el modo como nos comunicamos con los otros, e incluso

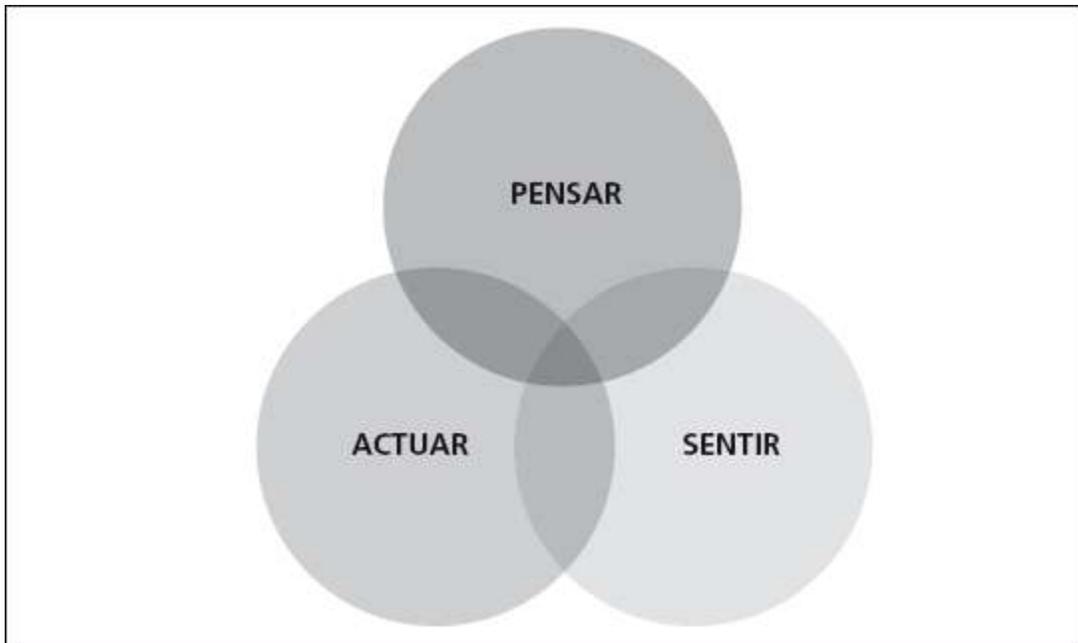
nos hacen defender ciertos valores éticos y morales. No obstante, también tenemos la capacidad de actuar de manera reflexiva y racionalizar las propias emociones.

Varios estudios demuestran que la función principal de nuestra capacidad más reflexiva y racional es la de permitir sentir las emociones de manera adecuada y equilibrada, pudiendo reconocer y expresar las propias emociones y las ajenas de forma asertiva, saber tranquilizarnos, convertir sentimientos negativos en positivos, anticipar nuestras emociones en acontecimientos futuros, y aprender a tolerar la frustración (Morgado, 2010).

De esta capacidad de gestionar convenientemente los sentimientos utilizando la razón surgió el concepto de *inteligencia emocional*. Definida por primera vez por Salovey y Mayer (1990) y popularizada después por Goleman (1995), se considera que la inteligencia emocional es la habilidad para reconocer y expresar de manera equilibrada nuestras propias emociones, reconocer y entender las emociones de los demás, y utilizar esta información para guiar la propia conducta y el pensamiento de forma eficaz. En este sentido, para desarrollarnos de forma óptima, las personas necesitamos un equilibrio emocional, y este equilibrio depende de que lo que sentimos, lo que pensamos y lo que hacemos vayan en la misma dirección (cuadro 21). Cuando este equilibrio no existe porque las emociones dominan la razón o la razón intenta aplacar las emociones, el individuo siente un malestar que tiene que resolver actuando.

La inteligencia emocional es la habilidad para reconocer y expresar de manera equilibrada nuestras propias emociones, reconocer y entender las emociones de los demás, y utilizar esta información para guiar la propia conducta y el pensamiento de forma eficaz.

Cuadro 21. Elementos que componen la inteligencia emocional



Fuente: Elaboración propia

Dado el aumento de popularidad de conceptos como el de *inteligencia emocional* entre maestros y docentes, son muchas las escuelas que han hecho una apuesta clara por incorporar la gestión de las emociones como uno de los objetivos de aprendizaje de la escolaridad de su alumnado. Si bien es cierto que la autorregulación emocional es una de las habilidades que más útiles van a resultar en cualquier etapa de la vida de nuestros niños y niñas, y creemos que deben aparecer entre las prioridades educativas de todos los centros educativos, a menudo se le ha intentado dar un tratamiento un tanto academicista, creando clases de gestión de las emociones dentro del horario escolar como si se tratara de una asignatura más.

El trabajo de las cuestiones emocionales debe ser transversal a todo el horario escolar, e intervenir en los conflictos emocionales cuando estos tienen lugar.

Las emociones vertebran el día a día de nuestro alumnado, y las respuestas emocionales tienen lugar de forma innata e inevitable cuando aparece el estímulo o la situación que las provoca, de manera que parece difícil prever que las emociones, sobre las que queremos trabajar, vayan a aparecer justamente en la hora que estipula el horario. Y si pretendemos resolver un conflicto que ha

aparecido en otro momento o en otro día justo en esa hora, es probable que su abordaje sea, por lo menos, descontextualizado.

En este sentido, creemos que el trabajo de las cuestiones emocionales debe ser transversal a todo el horario escolar, e intervenir en los conflictos emocionales cuando estos tienen lugar. Si bien en los más pequeños nuestra propuesta educativa girará mayormente en torno a la identificación y etiquetaje de las emociones que experimentan, con los mayores deberemos proporcionar herramientas para gestionar mejor sus respuestas emocionales, así como acompañar y modelar maneras adaptativas de resolver los conflictos.

Con los más pequeños, nuestra propuesta educativa girará en torno a la identificación y etiquetaje de las emociones que experimentan con los mayores, proporcionaremos herramientas para gestionar mejor sus respuestas emocionales.

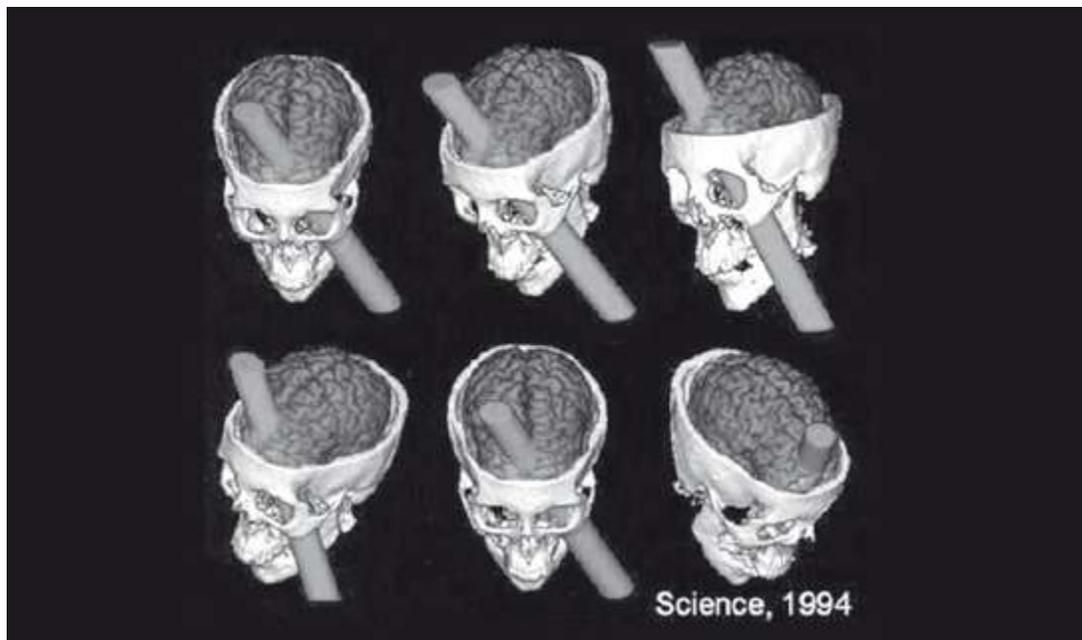
Tal y como se mencionará más adelante, en la idea clave 9 (p. 165), la capacidad de autorregulación emocional se considera una de las funciones ejecutivas más importantes y, por tanto, depende de la integridad y del correcto desarrollo de la corteza prefrontal. De hecho, lesiones de esta zona, como la del famoso caso de Phineas Gage, se ha visto que producen una fuerte desinhibición conductual que se caracteriza por un aumento de las conductas impulsivas y socialmente inadecuadas, transgresión de normas sociales y escasa afectividad.

Phineas Gage (1823-1861) era un trabajador del ferrocarril en Estados Unidos que se dedicaba a provocar detonaciones con explosivos para perforar la roca. A los 25 años sufrió un accidente muy grave al producirse una explosión que lanzó una barra de hierro de más de un metro de longitud y tres centímetros de diámetro, que le atravesó el cráneo. La barra le entró por el pómulo izquierdo, pasó por detrás del ojo y salió por la parte superior de la cabeza, con lo que le lesionó todo el córtex prefrontal, dejándolo prácticamente sin corteza orbitofrontal (imagen 4).

Lesiones en la corteza prefrontal pueden producir una fuerte desinhibición conductual que se caracteriza por un aumento de las conductas impulsivas y socialmente inadecuadas, transgresión de normas sociales y escasa afectividad.

Contra todo pronóstico, Gage sobrevivió al accidente y no perdió la conciencia en ningún momento, pero su personalidad sufrió cambios importantes. Si había sido un trabajador eficiente, serio y responsable, pasó a ser una persona impaciente, irreverente, maleducada, blasfema y agresiva, motivo por el cual fue despedido del trabajo y su mujer lo abandonó. Se podría decir que, a raíz de la lesión que lo dejó sin corteza prefrontal, Gage cambió completamente de personalidad y perdió toda capacidad de autocontrol y regulación emocional.

Imagen 4. Recreación en 3D de la lesión cerebral de Phineas Gage



Fuente: Damasio y otros, 1994

Aporte científico. Contexto emocional y aprendizaje

A continuación, presentamos un estudio que evalúa, mediante resonancia magnética funcional, la influencia del contexto emocional en el proceso de aprendizaje (Erk y otros, 2003).

El estudio consistía en presentar a los participantes tres tipos de fotografías que les producían bien emociones positivas, negativas o neutras, generándoles así contextos emocionales distintos. A continuación, se les presentaban palabras que debían memorizar para, posteriormente, recuperarlas. Los resultados principales del estudio mostraron que el grupo de sujetos que más palabras recordó y mejores puntuaciones obtuvo fue el de aquellos que habían visualizado fotografías que generaban un contexto emocional positivo (cuadro 22).

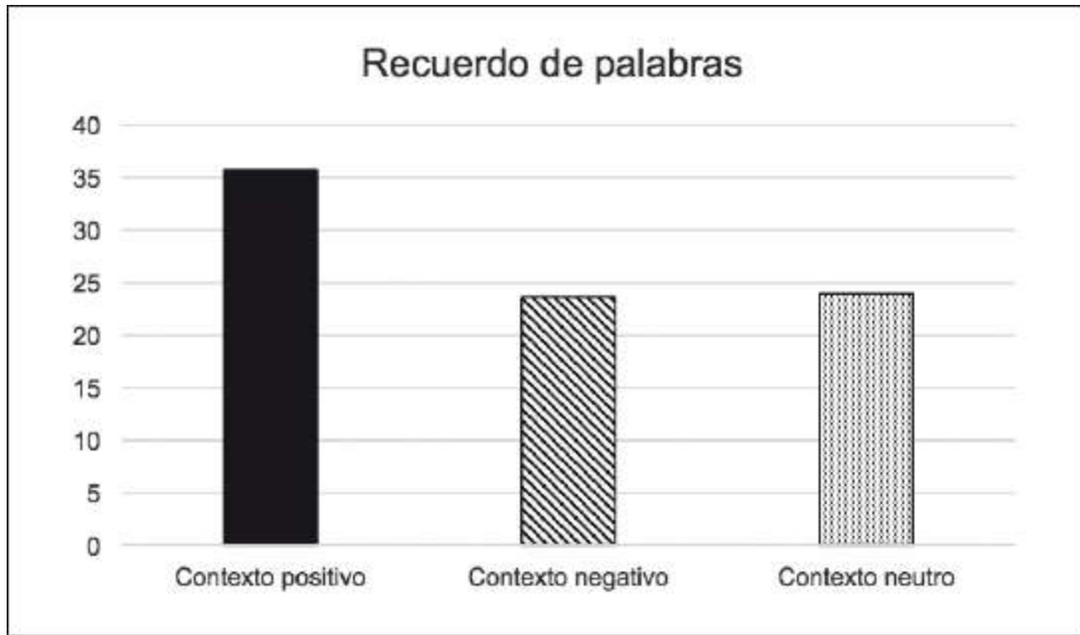
No obstante, los resultados más interesantes fueron que en cada una de las tres condiciones experimentales se activaban regiones cerebrales distintas. Parece que en el contexto emocionalmente positivo se activaban de manera más intensa áreas de la formación hipocampal, región cerebral que participa de forma crítica en los procesos de aprendizaje y consolidación de la memoria, así como en los mecanismos de plasticidad cerebral mencionados en la idea clave 2 (p. 37).

En el contexto emocionalmente positivo se activaban de manera más intensa áreas de la formación hipocampal, región cerebral que participa de forma crítica en los procesos de aprendizaje y consolidación de la memoria, así como en los mecanismos de plasticidad cerebral.

Por el contrario, en el escenario asociado a emociones negativas, se activaba la amígdala, una región que, tal y como hemos visto, suele relacionarse con el miedo y la respuesta de estrés. Por su parte, en la situación de contexto neutro, se daba una mayor activación del lóbulo frontal, el cual se encarga de procesar la información de manera racional.

El cerebro integra continuamente la información cognitiva con la emocional. El contexto emocional favorece los procesos cerebrales implicados en el aprendizaje y la memoria.

Cuadro 22. Palabras recuperadas por los grupos del estudio, en el contexto emocional positivo, negativo o neutro



Fuente: Elaborado a partir de Erk y otros, 2003

Una vez más, se evidencia que el cerebro integra continuamente la información cognitiva con la emocional, mostrando una relación directa entre ambos y cómo el contexto emocional en el que se encuentra la persona que aprende favorece los procesos cerebrales implicados en el aprendizaje y la memoria.

En la práctica

¿Cómo podemos generar un buen clima de aula?

La importancia de lograr un buen clima para la consecución de los objetivos curriculares y un buen proceso de enseñanza-aprendizaje es uno de los temas que más se está estudiando actualmente en aquellas escuelas y centros educativos que se están replanteando su tarea y su práctica educativa. Asimismo, se ha comprobado que el rol del docente puede ser una pieza clave en la gestión del clima, por lo que es importante que los profesores y profesoras seamos conscientes

de esta importancia y de los factores que influyen en la construcción de un buen clima de clase.

Hay que tener en cuenta que el concepto de *clima de aula* es un constructo complejo, ya que es dependiente de las percepciones de las personas involucradas en el mismo; por tanto, se considera un elemento que implica cierta subjetividad. Si bien uno de los elementos más importantes del clima en el aula es el tipo de interacciones socioafectivas que se establecen entre alumnado, profesorado y las diversas situaciones, hay otras variables que pueden influir en la creación de un clima de aula más o menos positivo.

Se recomienda al lector, en caso de que quiera evaluar el clima de su aula, el uso de la *Escala para la valoración de la variable clima social aula en alumnos de educación primaria y secundaria* (Pérez Carbonell, Ramos y López González, 2009) como una posible herramienta para recoger y objetivar la calidad del clima de aula en el que convive su alumnado.

A continuación, se describen algunos factores que se han relacionado con el clima del aula, indicadores operativizados y actividades o ideas prácticas que podemos llevar a cabo para desarrollarlos.

Espacio físico

Es relevante considerar el espacio físicoarquitectónico y la organización del mobiliario, ya que estos elementos contribuyen a las relaciones interpersonales que se dan dentro del aula, favorecen, o no, la construcción de un clima de aula positivo y contribuyen al éxito de las situaciones de aprendizaje y las relaciones sociales.

• *Características físicas*

En primer lugar, uno de los elementos que ha recibido un fuerte interés para poder promover un clima de aula positivo es el de promover unas características físicas y unas condiciones ambientales que promuevan el máximo de confort. Por ejemplo, se ha comprobado que los alumnos y alumnas expuestos a luz natural tienen menores niveles de estrés que los que no la tienen (Edwards y Torcellini, 2002) y rinden mejor.

También es importante que los espacios educativos tengan una temperatura, una acústica, una humedad y una ventilación adecuadas, para garantizar un mejor confort y ahorro energético, asegurando el equilibrio homeostático que requiere nuestro organismo para funcionar de manera óptima. De hecho, las altas temperaturas y una falta de ventilación se han relacionado de forma directa con un déficit en los procesos atencionales y en la concentración del alumnado.

Asimismo, altos niveles de ruido e interferencias externas pueden aumentar los índices de agresividad y hostilidad en las relaciones interpersonales (Haverinen-Shaughnessy y Shaughnessy, 2015), dificultando así la gestión del aula y los procesos de aprendizaje y memoria.

• *Organización del espacio* (Brugarolas, 2016)

- Espacios estructurados. Los espacios deben tener suficiente entidad para que cuando los alumnos y alumnas vayan, sepan qué pueden realizar. Así se consigue un mayor grado de autonomía en el aula, factor que correlaciona con una mayor autoestima y un mejor clima.
- Transformables y flexibles. Se puede imaginar el aula como un elemento vivo, que pueda variar en función de las necesidades educativas. Así, se puede conseguir que el espacio sea un elemento con menos límites, procurando una mayor sensación de flexibilidad y libertad, adaptando la práctica educativa a la diversidad de alumnos y alumnas.
- Delimitados. Es importante que los espacios de trabajo sean suficientemente delimitados. Así se evitarán interferencias y distracciones, se promoverá un orden y los alumnos y alumnas tendrán unas expectativas más homogéneas sobre qué se puede hacer y qué no.
- Estéticos. Los espacios deben ser agradables, atractivos, para que el alumnado pueda sentir confort. Un espacio ordenado y bello, sin exceso de decoración, y unos materiales de calidad fomentan el cuidado, el respeto y el bienestar de sus habitantes.

Relación y comunicación

- *Normas, cordialidad y respeto*

Es importante mantener la calma y favorecer en todos los casos relaciones de respeto y cordialidad entre los alumnos y con los docentes.

Un elemento clave para conseguir estas condiciones estriba en cómo se establecen las reglas de clase a principios de curso. La idea es trabajar sobre la educación horizontal, es decir, en vez de imponer las reglas, es relevante dedicar un tiempo a poder construirlas y consensuarlas de manera conjunta; cuando los estudiantes participan activamente en el proceso de determinar un conjunto de reglas de clase, se toman mucho más en serio y se implican más en su cumplimiento. Algunas ideas en relación con este aspecto serían:

- Mantener una actitud comprometida, respetuosa y sincera con los alumnos y alumnas desde el principio.
- Normalizar el hecho de hacer y recibir críticas entre los miembros del grupo de forma constructiva y asertiva.
- Seguir un estilo de conducta estable, claro y firme. No contradecir lo que se diga con lo que se haga y ser merecedor de su confianza.
- Prever las situaciones que se pueden generar en el aula y fijar estrategias para la prevención de conflictos.
- Respetar las opiniones diferentes y valorar la diversidad de creencias y de puntos de vista como un valor que enriquece al grupo.
- Conocer y llamar a los alumnos por su nombre.

- *Neutralidad y control de prejuicios*

Promover en todas las interacciones la escucha activa y la sinceridad. Se puede formar un comité de equidad por parte de estudiantes y profesores. Cualquiera que tenga un conflicto puede acudir al comité y allí se ayudará a los estudiantes implicados en el conflicto a reflexionar a través de preguntas tipo «¿Qué sucedió?», «¿Cómo me siento?», «¿Qué es lo que podemos hacer ahora?». Pero, sobre todo, les ayudaremos a encontrar de manera conjunta la mejor solución. La idea es percibir el conflicto como una oportunidad útil de aprendizaje.

Tener en cuenta también todo lo que se ha explicado sobre el peso de las expectativas y el efecto Pigmalión en la idea clave 6 (p. 113).

- *Reconocimiento del comportamiento de los demás*

Potenciar la motivación de logro de nuestros alumnos y alumnas, es decir, enseñarles a valorar el avance y progreso que van realizando para empoderarlos en su propio proceso de aprendizaje. Una herramienta que es muy efectiva en el reconocimiento de los demás es el uso apropiado y proporcionado de los elogios, ya sea específicos o grupales. Es importante elogiar al alumnado por su esfuerzo o actitud, en vez de sus resultados. De este modo, se puede impulsar su capacidad de perseverancia y cuando se enfrente a tareas de mayor dificultad será más difícil que su empeño decaiga.

Cohesión y satisfacción del grupo

- *Evitar situaciones de competitividad* Para evitar este tipo de situaciones, es importante observar si las metodologías que utilizamos favorecen a algunos alumnos y alumnas por encima de otros, si los alumnos suelen querer ser los primeros, si los alumnos quieren que su trabajo sea mejor que el de los demás, o si se forman grupos con los amigos íntimos sin importar los demás. En caso afirmativo, el clima en el aula será más competitivo que cooperativo.

- *Rutinas*

La práctica de rutinas específicas contribuye a la seguridad de los alumnos y alumnas, así como también a fomentar su sentido de pertenencia al grupo. Por ejemplo, iniciar el día destinando un tiempo a realizar alguna actividad libre y flexible como la lectura y la reflexión de algún tema, alguna actividad artística o un debate ayuda a empezar la jornada escolar con más implicación.

- *Fomentar actividades grupales, participativas y cooperativas*

Es importante facilitar de manera intencionada la intervención y participación del alumnado. Cuanto más protagonismo tengan de

sus propios procesos de enseñanza y aprendizaje, más estaremos promoviendo su independencia, autonomía, sensación de pertenencia y seguridad. La idea es conseguir que el grupo-clase se convierta en una comunidad que investiga, aprende y construye su propio aprendizaje de forma compartida. Más adelante, en la idea clave 8 (p. 149), veremos los beneficios de organizar las estructuras de trabajo de forma cooperativa.

Gozo y relajación

- *Sentido del humor*

A nivel fisiológico, se sabe que la risa tiene como consecuencia la segregación de diferentes hormonas y endorfinas que facilitan las conexiones sinápticas subyacentes a la consolidación de la memoria. Así pues, se ha observado que el uso de técnicas para fomentar el buen humor entre estudiantes y maestros mejora el clima del aula, favorece las oportunidades de aprendizaje y disminuye la respuesta de estrés.

- *Juego*

El hecho de poder diseñar metodologías de aprendizaje mediante el juego tiene efectos muy positivos, puesto que el juego está considerado un mecanismo neural natural que despierta la curiosidad, es placentero y permite descubrir y practicar nuevas habilidades útiles, además de ser un facilitador de las funciones ejecutivas y la cognición social. En situaciones de juego, se observa un aumento de la liberación de dopamina que permite aumentar el bienestar, la autoestima, la curiosidad, la motivación para aprender y un aumento de las relaciones interpersonales. Países como Finlandia han decidido incorporar 15 minutos de juego libre por cada hora de clase. El juego, y sobre todo el juego social, es la actividad natural de los niños y niñas en edades escolares, y privarles de juego durante muchas horas de clase puede generar una mayor presencia de conductas disruptivas, precisamente porque una de sus necesidades más básicas, como es el juego, no está cubierta.

- *Música*

La música cambia las vías neurales del cerebro e influye en la manera como procesamos la información y como nos relacionamos cuando se presenta de forma simultánea. Además, se observa que provoca una mejora en el estado de ánimo y promueve la relajación y la autorregulación de las reacciones emocionales. Por tanto, el uso de la música en el contexto de aprendizaje puede ser un método alternativo adecuado para promover un mejor clima en el aula. Hay que considerar también que, cuando escuchamos música, las áreas motoras del cerebro se activan, de modo que utilizada en combinación con una actividad de motricidad puede promover una mejor concentración en las actividades posteriores, así como fomentar la conciencia corporal (Restak, 2003). Por otro lado, la educación musical está relacionada con la mejora de muchas otras tareas, como la comprensión lectora o la memoria de trabajo (Talamini y otros, 2017). Parece, pues, interesante replantearse un aumento del peso curricular de esta materia.

- *Descansos cerebrales*

Pequeñas pausas para beber agua, cambiar de silla, estirar las piernas o incluso hacer pequeños ejercicios de creatividad, respiración o de atención plena nos ayudan a disminuir la respuesta de estrés y sentirnos con mayor activación, además de favorecer un clima social más relajado. Asimismo, los descansos permiten restaurar la función atencional cuando optamos por dinámicas de aula que demandan esfuerzos atencionales continuados y que provocan agotamiento mental, tal y como hemos comentado en la idea clave 6 (p. 113).

Idea clave 8

¿Está nuestro cerebro diseñado para el aprendizaje cooperativo?



Nuestro cerebro tiene un diseño eminentemente social, de manera que estamos diseñados para vivir y convivir en sociedad, y para aprender más y mejor en interacción y cooperación social.

El diseño social de nuestro cerebro

El cerebro humano se caracteriza por un importante componente social, el cual se traduce en una amplia gama de comportamientos de tipo social muy complejos y sofisticados, y algunas predisposiciones innatas e instintivas que podrían observarse incluso en los primeros días de vida. En este sentido, se han realizado estudios con bebés al poco de nacer y se ha podido determinar que los bebés humanos llegan al mundo con una clara predisposición hacia lo social, ya que muestran una clara preferencia por los estímulos humanos (la cara humana respecto a otras imágenes, o la voz humana respecto a otros sonidos), evidenciando así un diseño evolutivo claramente orientado hacia la convivencia y la interacción con los iguales.

Pero ¿de dónde surge la necesidad de comunicarnos e interactuar con los miembros de nuestra especie? Una mirada antropológica nos permite inferir que el diseño social de nuestro cerebro es fruto de la evolución de los homínidos. Especialmente, cuando nuestros antepasados se hicieron cazadores, los miembros de los grupos sociales se vieron en la necesidad de empezar a cooperar para la búsqueda de comida, para la supervivencia delante de otros depredadores, para las actividades de caza comunes, así como también para la adecuada crianza de la descendencia.

De hecho, estudios en el campo de la neurociencia social parecen mostrar que el impulso inicial e innato de los seres humanos es el de cooperar, y esto se advierte ya en niños y niñas de un año de edad, que ayudan y comparten sus objetos con otras personas, aunque poco después, cuando están en plena fase de egocentrismo cognitivo, sea realmente difícil que quieran compartir sus cosas, además de mostrar una clara preferencia por situaciones cooperativas en vez de situaciones agresivas o egoístas.

En el momento en que nacemos, el cerebro humano empieza a desarrollarse y a construirse en continua interacción con otras personas de las que dependemos y de las que aprendemos, lo cual explicaría la elevada importancia del desarrollo social en el desarrollo de otras funciones cognitivas. En este sentido, es fácil imaginar que, si estamos diseñados para vivir y convivir en sociedad para poder sobrevivir, también lo estemos para aprender en grupo a través de la interacción social, y no de forma individual.

Muchos de los estudios que se han llevado a cabo hasta la fecha ponen de manifiesto que nuestra conducta social se debe a la evolución y al desarrollo de dos grandes procesos cognitivos: la **teoría de la mente** y la empatía. El concepto de *teoría de la mente* se refiere a la capacidad que tenemos no solo de percibir, reconocer y entender las acciones de los demás, sino de atribuirles estados mentales y emocionales, y usar esta información para predecir sus conductas y adaptar la nuestra en función de los estados mentales e intenciones que les hemos atribuido.

El origen de esta idea se halla en los clásicos estudios de Premack y Woodruff (1978), en los que quisieron mostrar que los chimpancés podían comprender la mente humana. Parece que

solamente los seres humanos y algunas especies de simios tienen la capacidad de realizar este tipo de procesos metacognitivos en los que se comprende y se predice la conducta de otras personas, sus conocimientos, sus intenciones y sus creencias.

Para estudiar la capacidad de teoría de la mente de los niños y las niñas, los psicólogos Baron-Cohen, Leslie y Frith (1985) diseñaron la prueba denominada *prueba de la falsa creencia*. En ella, el niño ve al investigador pasar un objeto de un cajón a otro mientras otra tercera persona no está mirando. Cuando al niño se le pregunta dónde cree que la persona que no observaba buscará el objeto, si contesta que en el lugar donde nosotros la hemos colocado, nos estará indicando una ausencia de teoría de la mente; pero si responde que en el cajón inicial, puesto que es ahí donde la persona que no está viendo el cambio de sitio la dejó, podemos confirmar que puede inferir estados mentales ajenos.

Los mismos autores realizaron varios estudios en niños diagnosticados con TEA en los que concluyeron que en un porcentaje elevado de niños con autismo había una alteración específica del mecanismo cognitivo necesario para representarse estados mentales o mentalizar a las demás personas. Por esta razón, se ha sugerido que este mecanismo puede ser innato y específico, lo que haría posible que esta función estuviera dañada en una persona con una inteligencia normal en otros aspectos, como las personas diagnosticadas de síndrome de Asperger o TEA de alto funcionamiento.

El adecuado desarrollo de la teoría de la mente es el que permitirá el desarrollo de otro elemento clave implicado en la cognición social de los seres humanos: la capacidad de empatía. La empatía se define como la capacidad para reaccionar emocionalmente ante las experiencias emocionales de los demás y experimentarlas uno mismo. Es decir, la habilidad para imaginarse uno en el lugar del otro, para tratar de entender, comprender y experimentar sus sentimientos, deseos, percepciones, ideas y acciones. Si bien es un comportamiento social innato y automático, se puede entrenar y fomentar para mejorar la autorregulación emocional y las relaciones sociales estables. Gracias a la capacidad

de empatía se pueden desarrollar otras emociones sociales como la generosidad, el altruismo, la cohesión social y la cooperación.

Estos procesos que conforman una parte importante de nuestro cerebro y cognición social están en activo de forma automática siempre, de manera que continuamente estamos mentalizando a las personas con las que interactuamos, atribuyendo estados mentales, emocionales, creencias o juicios, y estamos continuamente, y de forma más o menos consciente, adaptando nuestra conducta a estas atribuciones. Es un funcionamiento innato y automático que consume muchos recursos energéticos (es muy costoso para nuestro cerebro vivir en sociedad), pero es realmente importante y trascendente para nuestra supervivencia y adaptación al entorno sociocultural.

Sustrato cerebral del comportamiento social

El comportamiento social y los procesos de cognición social se relacionan y sincronizan con otras funciones mentales, como la alerta cortical, la atención, la percepción, la motivación, la memoria, la autoconciencia, el lenguaje y las funciones ejecutivas. Durante la conducta social existen mecanismos para percibir, procesar y evaluar los estímulos, lo que permite una representación del entorno social. Por eso, cuando hablamos del sustrato cerebral de la conducta social, debemos tener en cuenta la participación de diferentes regiones que forman circuitos y redes cerebrales distribuidas muy extensas, así como multitud de moléculas químicas (neurotransmisores) que se liberan y permiten las recíprocas conexiones entre las diferentes células nerviosas. Sin embargo, podemos identificar especialmente tres mecanismos que conforman el cerebro social de los humanos: las diferentes áreas del lóbulo frontal, el sistema de las **neuronas espejo** y los circuitos neuronales de la recompensa.

Podemos identificar especialmente tres mecanismos que conforman el cerebro social de los humanos: las diferentes áreas del lóbulo frontal, el sistema de las neuronas espejo y los circuitos neuronales de la recompensa.

Existe un gran consenso en señalar la región frontal como crucial para la teoría de la mente. Algunos autores indican que el córtex frontal desempeña un papel crítico en las tareas relacionadas con la conducta de engaño y, sobre todo, una región concreta como es el córtex frontal ventromedial, quizá porque sus amplias conexiones con estructuras emocionales le permiten desempeñar una función esencial en las conductas mediadas por aspectos emocionales y motivacionales.

Otro aspecto de especial interés en la conducta social son las *neuronas espejo*, descubiertas por azar en el cerebro de primates por el grupo investigación de Rizzolatti y sus colaboradores (1996). Estos investigadores localizaron en la corteza cerebral un grupo de neuronas que tienen la facultad, desconocida hasta hace poco tiempo para una neurona, de descargar impulsos tanto cuando el sujeto observa a otro realizar un movimiento como cuando es el propio sujeto quien lo ejecuta.

Estas neuronas espejo forman parte de un sistema de percepción-ejecución que permite que la simple observación de los movimientos intencionados de la mano, la boca o el pie de otra persona active las mismas regiones específicas de la corteza motora que uno mismo activaría si estuviera ejecutando esos movimientos. Este descubrimiento, que pareció ser un error inicialmente, es principal para entender desde una vertiente psicobiológica algunos aspectos de la conducta social, ya que explica la representación mental que nos hacemos de las conductas de otros que da lugar a la capacidad de empatía.

Cuando observamos a otra persona sentir una emoción, es posible que nuestras neuronas espejo se activen, lo que suele favorecer nuestra voluntad de ayudar o cooperar con los demás.

Por ejemplo, cuando observamos a otra persona sentir una emoción, puede que nuestras neuronas espejo se activen, lo que hace que podamos experimentar su estado emocional como propio; esta sensación suele favorecer nuestra voluntad de ayudar o cooperar con los demás. Ayudamos a alguien cuando podemos experimentar su pena como si fuera propia e intentamos no decepcionar a las personas que queremos porque no nos gustaría experimentar su decepción en nosotros mismos.

Finalmente, se ha podido demostrar que el circuito cerebral de la recompensa tiene una gran relación con el comportamiento social. Este circuito está diseñado para responder ante todas aquellas actividades que están íntimamente relacionadas con nuestra supervivencia (comer, beber, mantener relaciones sexuales, calentarse cuando hace frío, etc.), produciendo una liberación de dopamina en diferentes regiones cerebrales, y provocando sensaciones de placer y recompensa, que motivarán al sujeto a la repetición de dichas actividades.

En este sentido, las relaciones interpersonales también pasarían por el sustrato neural de la recompensa, incidiendo en nuestra motivación para querer repetir esas interacciones sociales, ya que para nuestro cerebro y nuestro diseño evolutivo son necesarias e indispensables para nuestra supervivencia como especie.

Las relaciones interpersonales pasan por el sustrato neural de la recompensa, incidiendo en nuestra motivación para querer repetir esas interacciones sociales.

Aprender con y de los demás

Como se ha dicho hasta ahora, los seres humanos somos extremadamente sociales. La cognición social es tan importante que hay estudios que demuestran que la calidad en nuestras relaciones sociales está directamente relacionada con nuestro bienestar, y que alteraciones en la conducta social se asocian con problemas psicológicos y de salud.

La calidad en nuestras relaciones sociales está directamente relacionada con nuestro bienestar y las alteraciones en la conducta social se asocian con problemas psicológicos y de salud.

En las últimas décadas, se ha hablado de la importancia del trabajo cooperativo en el contexto académico y escolar. Ahora bien, para que realmente podamos dar respuesta a esta forma natural de aprender, el compartir los aprendizajes debería formar parte de la dinámica de aula cotidiana, y no solo llevarlo a cabo de forma puntual para hacer algunas tareas o proyectos. Si el diseño de

nuestro cerebro nos dice que se aprende más eficientemente en interacción con los demás, los maestros y docentes deberíamos estructurar las actividades en el aula de forma que estimularan las interacciones sociales y fomentaran una mayor participación y protagonismo del alumno, como veremos en el siguiente apartado.

Así lo demuestran varios estudios en los que se ha evidenciado que cuando nos encontramos en situaciones sociales, por ejemplo, de trabajo en grupo, se produce un aumento en la liberación de ciertas moléculas neuromoduladoras, como la oxitocina o las endorfinas, que podrían estar favoreciendo e influyendo en los procesos de aprendizaje, de plasticidad neural y de consolidación de la memoria.

En situaciones sociales como el trabajo en grupo se produce un aumento en la liberación de ciertas moléculas neuromoduladoras que podrían influir positivamente en los procesos de aprendizaje, plasticidad neural y consolidación de la memoria.

Por otro lado, otros estudios han demostrado que cuando realizamos tareas de tipo cooperativo hay un aumento de la activación del sistema neural de la recompensa, por lo que se puede reforzar la misma conducta de cooperación y así generar más altruismo y cohesión social en el grupo. Siendo este el principal sustrato biológico implicado en la motivación, las estructuras de trabajo cooperativo en el aula serían más motivadoras y placenteras que las individuales, garantizando así una mayor implicación en el aprendizaje por parte del alumnado. Además, si el aprendizaje se da en un contexto grupal y cooperativo, se pueden fomentar los procesos de empatía, a través del trabajo en equipo, y a su vez promover un mejor rendimiento en las tareas de aprendizaje.

Otra de las herramientas educativas que se puede beneficiar del diseño social de nuestro cerebro es la conversación pedagógica en el aula. El lenguaje es el principal vehículo e instrumento de nuestro pensamiento, razonamiento y aprendizaje, y si estamos diciendo que el aprendizaje si es compartido mejor, debemos utilizar la conversación en el aula para facilitar esta interacción y esta construcción conjunta del conocimiento. La conversación real es inevitable cuando vivimos experiencias interesantes, no podemos evitar explicar a los demás aquellas cosas que nos preocupan o que

nos interesan, y deberíamos aprovechar esta tendencia innata en las situaciones de enseñanza-aprendizaje.

En este sentido, la conversación pedagógica se convierte en una herramienta potenciadora y movilizadora de ideas, pensamiento y aprendizaje. Conversar en el aula nos permite, por un lado, evidenciar los conocimientos previos de los que parten nuestros alumnos y alumnas inicialmente y, por el otro, acompañar la construcción conjunta y colectiva del conocimiento compartido. Estas prácticas, además, se acompañan de otro tipo de aprendizajes procedimentales muy útiles para la vida, como puede ser comprender los razonamientos de los demás, reflexionar de forma conjunta o tener en cuenta diferentes puntos de vista.

Conversar en el aula nos permite evidenciar los conocimientos previos de los que parten nuestros alumnos y alumnas, y acompañar la construcción conjunta y colectiva del conocimiento compartido.

Finalmente, un elemento para promover el aprendizaje mediante las relaciones sociales es el juego. El hecho de poder diseñar metodologías de aprendizaje mediante el juego tiene efectos muy positivos, puesto que el juego está considerado un mecanismo neural natural que favorece los procesos de creatividad, produce bienestar y es un mecanismo por el cual podemos aprender y describir nuevos aprendizajes y habilidades. Al mismo tiempo, las situaciones de juego favorecen el desarrollo de la empatía y otras habilidades sociales de los niños y niñas, facilitando que se pongan en la piel de sus compañeros y compañeras, que comprendan otras formas de pensar, que expresen sus emociones y sus opiniones, y que se llegue a acuerdos mediante procesos de negociación en los que se atiendan las necesidades de cada uno.

Vigotsky decía que en las situaciones de juego «los niños y niñas crecen un palmo», con lo que quería destacar que practican habilidades que todavía no están consolidadas en un contexto de juego, puesto que es un contexto en el que no se penaliza el error y en el que todo vale. En este sentido, deberíamos aprovecharnos de que en contextos lúdicos nuestros alumnos y alumnas se van a atrever a poner a prueba habilidades y capacidades todavía inmaduras, potenciando así su desarrollo.

Adicionalmente, en situaciones de juego, se observa un aumento de la liberación de dopamina en los circuitos cerebrales de la recompensa mencionados previamente, lo que permite aumentar el bienestar, la autoestima, la curiosidad y la motivación para aprender, además de facilitar los procesos de plasticidad cerebral.

En situaciones de juego se observa un aumento de la liberación de dopamina en los circuitos cerebrales de la recompensa, lo que permite aumentar el bienestar, la autoestima, la curiosidad y la motivación para aprender, además de facilitar los procesos de plasticidad cerebral.

Aporte científico. Comportamientos altruistas en niñas y niños pequeños

A continuación, presentamos una serie de estudios que demuestran que, a partir del primer año de vida, cuando empezamos a caminar y a emitir las primeras palabras, los niños y niñas ya muestran una inclinación por cooperar y hacerse útiles en muchas situaciones. En este sentido, dado que es una conducta muy temprana, parece que no estaríamos hablando de un comportamiento aprendido de los adultos, sino de una actitud innata e instintiva con la que nacemos.

Desde un punto de vista evolutivo, parece que la tendencia humana a cooperar viene modulada por las expectativas de reciprocidad y la influencia de la opinión ajena. De alguna manera, hemos evolucionado aprendiendo que si somos cooperativos con los demás también vamos a recibir respuestas cooperativas hacia nosotros, hecho que facilita nuestra supervivencia y la de la especie en general. Esta tendencia no anula los rasgos egoístas que se observan en todos los organismos, incluidos los humanos, que promueven su propia supervivencia y bienestar, de lo contrario, no se garantizaría tampoco la descendencia.

Hemos evolucionado aprendiendo que si somos cooperativos con los demás también vamos a recibir respuestas cooperativas hacia nosotros, hecho que facilita nuestra supervivencia y la de la especie en general.

Uno de los grupos de investigación que más ha estudiado este tema es el grupo de Warneken y Tomasello, del Instituto Max Planck

de Alemania. Podemos destacar especialmente sus estudios publicados en prestigiosas revistas los años 2006 y 2007. Para realizar sus investigaciones, el procedimiento básico es bastante simple. Un grupo de niños y niñas de entre 14 y 18 meses se ven frente a un adulto que no conocen, ese adulto tiene algún problema trivial y se pretende observar si esos niños y niñas le ayudan a resolverlo. Puede tratarse de cualquier acción, como acercarle un objeto que se encuentra fuera de su alcance, abrirle las puertas de un armario cuando el adulto tiene las manos ocupadas o devolverle un objeto que se le ha caído al suelo.

Estos estudios observaron que un 75% de los sujetos ofrecían ayuda por lo menos una vez y, en general, de manera inmediata. Estos niños ofrecían ayuda de manera diferente, teniendo en cuenta que todos los escenarios propuestos eran novedosos para ellos. Poder ayudar a los demás de manera espontánea y flexible indica que los niños y niñas eran capaces de percibir y atribuir las intenciones del adulto participante en el estudio mentalizando de alguna manera sus necesidades, y que tenían la motivación altruista e intrínseca de cooperar con él.

Poder ayudar a los demás de manera espontánea y flexible indica que los niños y niñas eran capaces de percibir y atribuir las intenciones del adulto mentalizando de alguna manera sus necesidades, y que tenían la motivación altruista e intrínseca de cooperar con él.

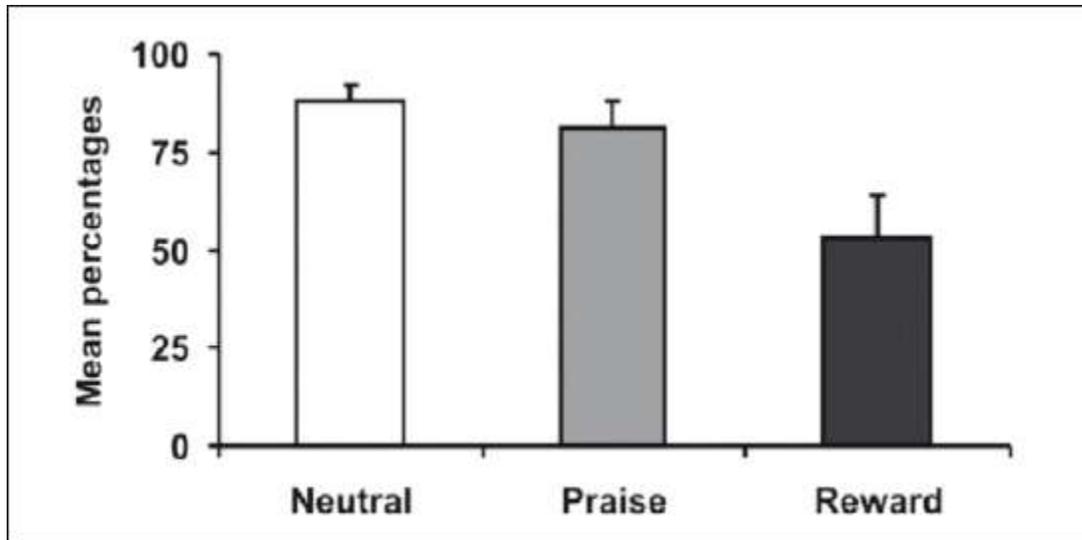
Estos autores plantean varias razones para suponer que la conducta cooperativa en la resolución de problemas surge de forma natural e innata en los seres humanos:

- Es un comportamiento que aparece relativamente temprano, entre los 14 y 18 meses, antes de que las familias hayan mostrado expectativas claras o hayan instruido a sus hijos e hijas para que se comporten de esta manera. No obstante, es probable que durante su primero año de vida hayan observado conductas cooperativas entre los adultos de referencia.

En el caso de actividades que parten de una motivación intrínseca e interna en la persona, el hecho de ofrecer recompensas externas, como los premios, disminuyen la motivación interna inicial, desplazando así el incentivo hacia factores externos.

- Se ha estudiado que el hecho de premiar y reforzar esta conducta no parece influir sobre la emisión de este comportamiento en los niños y niñas. En un estudio de Warneken y otros (2007), se daba un premio cada vez que ayudaban, y no se vio afectado el comportamiento de los sujetos. Es más, cuando hay premios, la situación observada es aún más sorprendente. En otro estudio más complejo (Warneken y Tomasello, 2008), en el que se daban distintas oportunidades de ayudar, algunos niños y niñas recibían recompensas materiales o elogios tras emitir la conducta altruista, hecho que les reforzaba, y otros no recibían ningún tipo de recompensa. La mayoría de los sujetos ofrecieron ayuda en las diferentes ocasiones planteadas. A continuación, en la segunda etapa del estudio, se volvieron a ofrecer varias oportunidades de ayuda. No obstante, en esta segunda parte, los niños y niñas que habían recibido premios materiales en la etapa anterior ofrecieron menos ayuda que los otros durante la segunda etapa (cuadro 23). Este hecho se ha explicado en el contexto de que, en el caso de actividades que parten de una motivación intrínseca e interna en la persona, el hecho de ofrecer recompensas externas, como los premios, disminuyen la motivación interna inicial, desplazando así el incentivo hacia factores externos. En este sentido, estos estudios parecen mostrar que el uso de recompensas materiales concretas puede que no fomente la colaboración y las respuestas cooperativas de los niños y niñas, sino que incluso puede reducirlas.

Cuadro 23. Porcentaje de respuestas de ayuda para los distintos grupos de niños y niñas: los que no habían recibido nada por ayudar (*neutral*), los que habían recibido elogios (*praise*) y los que habían recibido premios materiales por ayudar previamente (*reward*)



Fuente: Warneken y Tomasello, 2008

Usar recompensas materiales concretas puede no fomentar la colaboración y las respuestas cooperativas de los niños y niñas, e incluso reducir las.

- Es un comportamiento que se puede observar en los chimpancés. Los mismos experimentos realizados con estos simios mostraron que la mayoría de ellos ayudaron a los individuos humanos en los diferentes escenarios.
- Finalmente, otro estudio muestra que la actitud de ayuda de los niños está mediada por su interés empático con la otra persona. En este estudio, los niños podían observar cómo un individuo adulto se apropiaba de un dibujo en el que había estado trabajando otra persona, y que lo rompía intencionadamente. A continuación, se les daba la oportunidad de ayudar, y la mayoría ayudaban a la víctima. Con todo, podemos relacionar que tanto las naturales reacciones de empatía como el interés innato de los niños por el otro afectan a su tendencia cooperativa.

La actitud de ayuda de los niños y niñas está mediada por su interés empático con la otra persona.

El lector puede visionar las grabaciones de los experimentos reales que se realizaron por parte del equipo de investigación de Warneken y Tomasello en el siguiente enlace: www.eva.mpg.de/psycho/publicationsand-videos/study-videos.html

En la práctica

Trabajo cooperativo y coevaluación

Tal y como hemos venido comentando, el cerebro humano presenta un diseño eminentemente social, y es gracias a esta capacidad de cooperar y convivir con otros como hemos podido sobrevivir y evolucionar a lo largo de la historia. Así pues, es importante que en el aula aprovechemos este diseño evolutivo para potenciar el desarrollo de nuestros alumnos y alumnas a partir de metodologías que promuevan el aprendizaje a través de la interacción social.

En este sentido, podemos diseñar nuestra metodología a partir de diferentes maneras de organizar la actividad educativa, cuyas características configuran la relación que se establece entre el alumnado dentro del aula, la relación entre este alumnado y los docentes, y la estructura del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Estas variables organizativas se basan, fundamentalmente, en tres tipos de estructura de actividad: individualista, competitiva y cooperativa (cuadro 24).

Multitud de estudios defienden que la organización cooperativa del aprendizaje en el aula es muy superior en muchos aspectos a la organización competitiva e individualista, dado que:

- Potencia el aprendizaje de todo el alumnado, tanto del que tiene más problemas para aprender como el del que está más capacitado para ello (medida de inclusión).
- Resulta útil para aprender no solo contenidos curriculares (conceptos y procedimientos), sino también contenidos referidos a actitudes, valores y normas, promoviendo la cohesión de grupo, la empatía y el desarrollo de las habilidades sociales.
- Facilita la participación activa de todos los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje y acentúa su implicación y protagonismo en este proceso.

- Favorece el desarrollo de habilidades relacionadas con la gestión de las emociones y la inteligencia emocional, puesto que es necesario autorregularse y regular su interacción con los demás miembros del grupo para que el trabajo cooperativo funcione.

Esta metodología de aula, además, contribuye, y mucho, a crear un clima de aula más distendido y favorable para el aprendizaje de todo el alumnado, debido tal y como hemos comentado en la idea clave 7 (p. 129). Esto se debe, sobre todo, a las interacciones espontáneas y naturales de ayuda entre iguales que tienen lugar, y a la implicación y el compromiso que implica para todos los alumnos y alumnas saber que su actuación es necesaria y valiosa para el resto del equipo.

Cuadro 24. Distintos tipos de estructura de actividad en el aula

ESTRUCTURA DE ACTIVIDAD INDIVIDUALISTA	ESTRUCTURA DE ACTIVIDAD COMPETITIVA	ESTRUCTURA DE ACTIVIDAD COOPERATIVA
Cada alumno trabaja solo, sin fijarse en lo que hacen los demás.	Cada alumno trabaja solo, rivalizando con los demás compañeros y compañeras.	El alumnado forma pequeños equipos de trabajo para ayudarse y animarse a la hora de aprender.
Se espera de cada alumno que aprenda lo que el docente le enseña.	Se espera de cada alumno que aprenda lo que el docente le enseña, pero más o antes que los demás.	Se espera de cada alumno que aprenda lo que el docente le enseña y que contribuya a que lo aprendan también sus compañeros y compañeras de equipo.
Un alumno consigue este objetivo independientemente de que los demás consigan sus objetivos (no hay interdependencia de finalidades).	Un alumno consigue este objetivo si, y solo si, los demás no consiguen el suyo (interdependencia de finalidades negativa).	Un alumno consigue este objetivo si, y solo si, los demás consiguen también el suyo (interdependencia de finalidades positiva).
El alumnado con dudas o con problemas de aprendizaje debe recurrir al docente (o al profesor de apoyo).	El alumnado con dudas o con problemas de aprendizaje debe recurrir al docente (o al profesor de apoyo).	El alumnado con dudas o con problemas de aprendizaje dispone, además, del apoyo inmediato de sus compañeros y compañeras.

Fuente: Pujolàs y Lago, 2007

Algunos ejemplos de estructuras y técnicas cooperativas son (Pujolàs, 2004):

- *Parada de tres minutos.* Cuando el docente hace una explicación a todo el grupo clase, de vez en cuando introduce una parada de tres minutos para que cada equipo piense y reflexione sobre lo que se ha explicado hasta ese momento y piense tres preguntas sobre el tema en cuestión que después deberá plantear.
- *Lápices al centro.* El docente entrega a cada equipo una hoja con tantos ejercicios o preguntas sobre el tema que trabajan como miembros tiene el equipo, y cada alumno o alumna debe hacerse cargo de una de las preguntas, aunque las resuelven conjuntamente y de forma consensuada. Se ponen los lápices en el centro de la mesa para debatir, y solo se cogen para escribir las respuestas.
- *El número.* El docente pone una tarea a toda la clase y cada equipo debe hacer la tarea asegurándose de que todos los miembros saben resolverla correctamente, ya que luego deberán resolverla en gran grupo al azar sacando un número.
- *Rompecabezas.* En grupos heterogéneos, se divide el material objeto de estudio en tantas partes como miembros tenga el grupo, cada miembro recibe un fragmento y lo trabaja de forma individual para después hacerlo junto con los otros miembros de los otros equipos que han trabajado ese mismo fragmento (grupo de expertos); finalmente, se regresa al grupo inicial y cada miembro se responsabiliza de explicar al grupo la parte que él ha preparado.
- *Grupos de investigación.* Dentro de un tema de estudio general, cada alumno o alumna escoge un subtema específico. Se agrupa al alumnado en función de este subtema de forma heterogénea; se planifica el estudio del subtema junto con el docente y se desarrolla el plan con la ayuda del docente, si es necesario, para finalmente resumir su investigación y presentarla al resto de la clase.

No obstante, no siempre es fácil hacer que las estructuras de trabajo cooperativo funcionen, y como docentes debemos fijarnos

en algunos factores que pueden estar influyendo de forma positiva y negativa en su desarrollo, y en caso de no estar funcionando bien, intervenir. De hecho, para que el trabajo cooperativo fluya de forma óptima, debe ser un elemento vertebrador de nuestra práctica educativa, no solo una actividad que se realice de vez en cuando.

Si organizamos equipos de trabajo más o menos permanentes y estables, contribuiremos a que los alumnos y alumnas constituyan una auténtica comunidad de aprendizaje en la que todos aprenden de todos, aumentando su autonomía y protagonismo en los procesos de enseñanza-aprendizaje y en la gestión del aula, compartiendo con el docente la responsabilidad de enseñar también ellos a sus propios compañeros y compañeras.

Está claro que para un niño o niña o adolescente siempre va a ser más valioso y significativo aquello que le puedan enseñar sus compañeros y compañeras que el mismo docente, y esto, llevado al extremo, nos conduce a prácticas de coevaluación en las que el propio alumnado se evalúa entre sí. Si optamos por incorporar este tipo de metodologías evaluativas, nos va a ser muy útil desarrollar y consensuar con ellos rúbricas de evaluación que clarifiquen de forma detallada qué se va a evaluar y cómo.

Consensuar y desarrollar de forma conjunta rúbricas de evaluación, coevaluación y autoevaluación no solo aumenta la motivación del alumnado, sobre todo si es adolescente, por saberse valorado por sus iguales, sino que además ayuda mucho a clarificar al alumno los objetivos de aprendizaje que persigue esa actividad evaluativa, a la vez que permite que se empodere y responsabilice de su propio proceso de aprendizaje.

En este sentido, hablaríamos de herramientas de evaluación formativas orientadas al aprendizaje, es decir, a que el propio alumno sea consciente de sus necesidades, errores, dificultades y éxitos, autorregulando su propia conducta y autocorrigiéndose cuando sea necesario, competencias que, sin duda, van a ser de gran utilidad tanto en el ámbito laboral como social y personal.

Idea clave 9

¿Qué importancia tiene el desarrollo de las funciones ejecutivas en el contexto educativo?



Las funciones ejecutivas son procesos cognitivos complejos que permiten dirigir nuestra conducta hacia la consecución de objetivos y a la resolución de problemas. Se consideran habilidades clave para el éxito educativo y también habilidades para la vida.

¿Qué son las funciones ejecutivas?

Las funciones ejecutivas son las funciones cognitivas de más alto nivel y aquellas que más nos diferencian del resto de especies animales por su complejidad y sofisticación, puesto que nos permiten anticipar, crear expectativas, planificar nuestra conducta, inhibir los impulsos, jugar mentalmente con las ideas, tomar decisiones, pensar de forma creativa o mantener nuestra concentración en función de nuestras necesidades.

Existen muchas definiciones distintas sobre qué son las funciones ejecutivas. A menudo, han acabado siendo un cajón de sastre en el

que han tenido cabida multitud de procesos cognitivos superiores, convirtiéndose así en un concepto vago y confuso. Una de las primeras definiciones llegó de la mano de Lezak (1983), quien las describió como las capacidades mentales esenciales para llevar a cabo una conducta de forma eficaz, creativa y aceptada socialmente. Posteriormente, Mesulam (2002), otro de los neurocientíficos de referencia, las definió como el conjunto de habilidades implicadas en la generación, supervisión, regulación, ejecución y reajuste de las conductas adecuadas para conseguir un objetivo o meta.

Aunque podríamos encontrar otras muchas definiciones, hay cierto consenso en considerarlas como un conjunto de mecanismos de control cognitivo complejos que facilitan la ejecución de conductas dirigidas a un objetivo, y que se ponen en marcha sobre todo en situaciones novedosas o poco aprendidas en las que se requiere resolver algún tipo de problema que no puede ser resuelto mediante una respuesta automatizada o rutinaria.

Son muchas las funciones que se han incluido bajo el paraguas de las funciones ejecutivas, pero los diferentes modelos de clasificación (Lehto y otros, 2003; Miyake y otros, 2000) destacan tres de ellas como las funciones principales que actuarían de forma interdependiente, como un director de orquesta, sobre el resto de mecanismos cognitivos: el control inhibitorio, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva.

El *control inhibitorio* hace referencia a la capacidad de eliminar o posponer la tendencia a emitir una respuesta impulsiva o automatizada, con el fin de poder seleccionar y llevar a cabo una conducta distinta más adaptativa. En este sentido, la inhibición nos permite escoger de qué manera queremos responder ante un estímulo controlando los posibles impulsos que responderían de forma más instintiva, resultando así una habilidad crítica para sobrevivir en una sociedad civilizada, en la que hay que respetar ciertas normas e inhibir conductas socialmente inaceptables para tener éxito. Esta capacidad tiene una estrecha relación con el autocontrol y la autorregulación emocional, habilidades esenciales para nuestra adaptación al entorno tal y como hemos desarrollado en la idea clave 7 (p. 129), así como con la capacidad para inhibir interferencias y distractores para poder focalizarnos en aquellos

estímulos más relevantes para nuestros objetivos y necesidades, tal y como hemos visto en la idea clave 6 (p. 113), cuando hablábamos de atención ejecutiva.

En cuanto a la *memoria de trabajo*, permite que podamos almacenar, mantener activa y manipular información durante un corto período de tiempo con el fin de llevar a cabo otros procesos mentales complejos, como la toma de decisiones, el razonamiento o la planificación. Un ejemplo práctico para entender cómo opera este tipo de memoria es intentar decir nuestro número de teléfono al revés, ya que para hacerlo necesitamos recuperar el número de nuestra memoria y mantenerlo activo en la mente para poder ir leyendo los números del final al principio.

De este modo, la memoria de trabajo permite recuperar información que ya está almacenada en nuestra memoria a largo plazo y activarla de nuevo para poder trabajar con ella, incorporando nueva información o elaborándola en función de las nuevas demandas ambientales o de nuestros intereses. Así pues, resulta un proceso crítico para la mayoría de funciones intelectuales superiores que requieren mantener activa información, como la comprensión oral, la comprensión lectora, el rendimiento matemático, la relación de ideas, el pensamiento creativo y, sobre todo, la resolución de problemas de cualquier naturaleza.

Por último, la *flexibilidad cognitiva* se refiere a la capacidad para cambiar una respuesta en función de si los resultados obtenidos indican que es una estrategia eficiente o no. Para ello, se requiere ser capaz de inhibir el patrón de respuestas anterior que no ha sido exitoso y, a su vez, generar nuevas conductas más eficaces y adaptadas a la demanda externa en cuestión. Esta función supone un esfuerzo cognitivo importante, puesto que es más sencillo utilizar esquemas y estrategias que ya se conocen que tener que generar nuevas opciones de respuesta que obliguen a salir de la zona de confort.

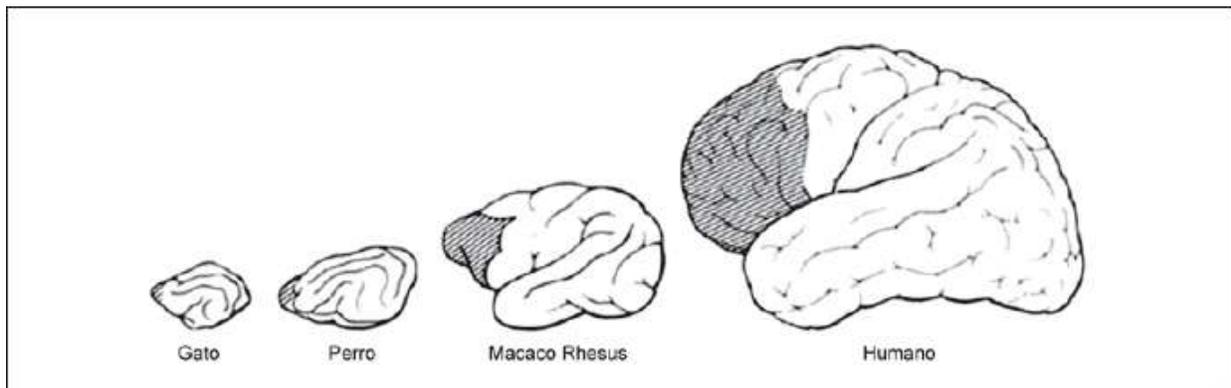
Así, la flexibilidad cognitiva se considera una función íntimamente relacionada con la creatividad y el pensamiento divergente (De Bono, 1994), siendo estas unas habilidades que resultan indispensables para poder adaptarnos a un entorno sociocultural que es muy cambiante, incierto e impredecible. Por ello, ser capaz de cambiar de

estrategia y de perspectiva de forma rápida en función de las demandas cambiantes del ambiente resultará ser clave para una adaptación exitosa.

Desde el punto de vista neuroanatómico, las funciones ejecutivas se relacionan con el funcionamiento de diversas áreas y redes neuronales localizadas y distribuidas en la corteza prefrontal, la parte más anterior del lóbulo frontal, la de más reciente aparición filogenéticamente hablando, la que tarda más en acabar de madurar a lo largo del neurodesarrollo y una de las áreas con mayor conectividad con el resto del cerebro.

La corteza prefrontal es, además, la parte del cerebro que más hemos desarrollado los humanos en comparación con el resto de especies animales. El lóbulo frontal es el lóbulo más grande del cerebro humano y casi todo él, a excepción del córtex motor, se considera corteza prefrontal. De esta manera, la corteza prefrontal humana representa el 30% de la superficie total de la corteza cerebral, mientras que en los perros es solo un 7%, en los lémures un 8,5% y en los chimpancés un 17% (imagen 5, en la página siguiente).

Imagen 5. Imagen comparativa de la corteza prefrontal en diferentes especies de animales



Fuente: www.thebrain.mcgill.ca

Con esta imagen comparativa se entiende fácil y visualmente que de esta parte del cerebro dependan las funciones cognitivas de más alto nivel y que nos hacen más humanos a la especie humana, además de las funciones ejecutivas que ya hemos descrito, como

son la autoconsciencia, la personalidad, la identidad, el juicio moral o la cognición social.

Funciones ejecutivas en la práctica de aula

Las funciones ejecutivas más básicas descritas anteriormente van a regular el funcionamiento de muchas otras funciones consideradas también ejecutivas, como la planificación, la monitorización del comportamiento, la anticipación, los procesos atencionales, la toma de decisiones, la resolución de problemas y el razonamiento. Si tenemos en cuenta todas estas funciones, resulta evidente que el buen desarrollo y funcionamiento de las funciones ejecutivas va a ser esencial para el éxito escolar de nuestros alumnos y alumnas; existe muchísima evidencia científica al respecto (Diamond, 2014).

El buen desarrollo y funcionamiento de las funciones ejecutivas va a ser esencial para el éxito escolar de nuestro alumnado.

Para que los niños y niñas tengan éxito en la escuela, necesitan planificar su trabajo y estudio, anticipar y generarse expectativas, focalizar su atención e inhibir distractores, elaborar información constantemente gracias a la memoria de trabajo, inhibir conductas impulsivas, regularse en su interacción con otros compañeros y compañeras, cambiar de estrategia y pensar de forma distinta y creativa cuando su respuesta no ha sido exitosa, ser capaces de autoobservarse y autocorregirse, aprender a tolerar la frustración cuando fracasan e, incluso, ser capaces de automotivarse.

Los objetivos pedagógicos de los centros educativos deben orientar su práctica educativa hacia el uso y el desarrollo de estas habilidades y capacidades para la vida.

De hecho, si lo pensamos un momento, nos daremos cuenta enseguida de que todas estas competencias no son solamente necesarias para tener éxito académico, sino que también son indispensables para tener éxito en las facetas profesional, socioemocional y personal. Por ello, en la literatura científica se empieza a hablar de las funciones ejecutivas como las *life skills* (habilidades para la vida), ya que su correcto uso y desarrollo van a

facilitar que la persona se adapte con las mayores probabilidades de éxito a todos los contextos de su entorno sociocultural, y ya en Estados Unidos se empiezan a concebir las funciones ejecutivas como el nuevo cociente de inteligencia.

Por todo ello, creemos necesario que los objetivos pedagógicos de los centros educativos orienten su práctica educativa hacia el uso y el desarrollo de estas habilidades y capacidades para la vida. Este cambio de orientación supone abandonar un modelo educativo basado en los contenidos (el *qué*), es decir, en la transmisión, acumulación y repetición de datos, modelo que creemos obsoleto en la sociedad de la información, para adoptar un modelo educativo mucho más competencial y aplicado orientado hacia comprender las causas, las consecuencias y las complejas relaciones entre los fenómenos del mundo (el *cómo*, el *por qué* y el *para qué*) en el que las situaciones de enseñanza-aprendizaje potencien la resolución de problemas, la iniciativa, la autonomía, el pensamiento crítico, la creatividad y la toma de decisiones.

Hay que abandonar el modelo educativo basado en los contenidos para adoptar un modelo educativo orientado a la comprensión de las causas, consecuencias y complejas relaciones entre los fenómenos del mundo.

Si bien multitud de estudios se han preocupado por demostrar cómo con algunas tareas específicas se pueden potenciar algunas de las funciones ejecutivas (Diamond y otros, 2007a; Diamond, 2012; Diamond y Lee, 2011) bajo paradigmas de práctica repetida y de dificultad creciente, no existe aún suficiente evidencia científica de que estas mejoras concretas se puedan generalizar y transferir a las situaciones de la vida real. Por ello, no podemos asegurar que entrenar estas habilidades de forma específica repercuta de alguna manera en beneficio del niño, teniendo en cuenta, además, que en la mayoría de los casos la mejora en el rendimiento desaparece cuando se deja de entrenar la función.

No podemos asegurar que entrenar habilidades de forma específica repercuta de alguna manera en beneficio del niño, teniendo en cuenta que en la mayoría de los casos la mejora en el rendimiento desaparece cuando se deja de entrenar la función.

Por el contrario, recientes publicaciones (Diamond y Ling, 2016) sugieren que propuestas pedagógicas en las que el aprendizaje se

encuentre vinculado al juego, al movimiento, a las actividades libres y creativas y al trabajo cooperativo permitirían de manera indirecta y holística un mejor desarrollo de las funciones ejecutivas que no la práctica aislada de estas funciones. Esto se explicaría porque al ser la corteza prefrontal una de las regiones cerebrales más vulnerables al estrés, la tristeza y la soledad, las situaciones de enseñanza-aprendizaje en las que la persona que aprende se encuentra relajada, socialmente aceptada, emocionalmente estable y con confianza contribuyen de forma clara a la mejora en las habilidades de razonamiento, autorregulación y flexibilidad.

En este sentido, aproximaciones metodológicas activas e interdisciplinarias cercanas al aprendizaje globalizado y al *learning by doing* (trabajo por proyectos, aprendizaje basado en problemas o en productos, aprendizaje-servicio, trabajo por retos, proyectos interdisciplinarios, proyectos de investigación, propuestas de experimentación, aprendizaje a partir de contextos reales, intervenciones competenciales, etc.) van a requerir la puesta en marcha y el desarrollo de estas funciones ejecutivas para la resolución de las cuestiones reales y contextualizadas que se planteen, y si, además, se encuentran en contextos emocionalmente positivos, todas estas funciones se verán acrecentadas, como hemos descrito en la idea clave 7 (p. 129).

Aproximaciones metodológicas activas e interdisciplinarias cercanas al aprendizaje globalizado y al learning by doing van a requerir la puesta en marcha y el desarrollo de funciones ejecutivas.

A menudo, se dice que la mayoría de los niños y niñas que tenemos en las aulas se van a dedicar a profesiones que todavía no existen, y es fácil de creer, puesto que los cambios tecnológicos y sociales son tan rápidos que nos es imposible imaginar qué entorno profesional y laboral van a encontrarse las generaciones futuras. Unas décadas atrás, la función escolar era muy clara; los niños y niñas necesitaban ir a la escuela y recibir una educación muy normativa para acabar la gran mayoría de ellos y ellas trabajando en las fábricas. Hoy en día, desconocemos a qué se van a dedicar nuestros estudiantes, de manera que no podemos garantizar que les estemos ofreciendo todas las experiencias de aprendizaje que van a necesitar, pero lo que sí sabemos seguro es que, a lo largo de su

vida, tanto profesional como personal, van a tener que enfrentarse a situaciones novedosas y resolver problemas. Así pues, ¿no parece pertinente preocuparnos más de potenciar aprendizajes competenciales centrados en el desarrollo de capacidades y habilidades que de la repetición y reproducción de contenidos?

Las generaciones futuras van a tener que enfrentarse a situaciones novedosas. Parece pertinente potenciar aprendizajes competenciales centrados en el desarrollo de capacidades y habilidades en lugar de basarnos en la repetición y reproducción de contenidos.

Y no solo eso, ¿y si además de pensar en qué habilidades van a necesitar nuestros alumnos y alumnas el día de mañana nos preguntamos también cómo podemos ayudarles a mejorar su futuro? ¿No queremos que nuestros alumnos y alumnas construyan una sociedad más justa, democrática y tolerante que defienda los derechos fundamentales? ¿No deberíamos también educarles para ser personas críticas, informadas, seguras y capaces de liderar cambios sociales, económicos y políticos? Quizá algunos de estos objetivos podrían incluirse en las reuniones pedagógicas de los equipos docentes acerca de las prioridades educativas.

¿No deberíamos también educarles para ser personas críticas, informadas, seguras y capaces de liderar cambios sociales, económicos y políticos?

Funciones ejecutivas y creatividad

Si nos proponemos como uno de nuestros objetivos pedagógicos que nuestro alumnado aprenda a resolver problemas y a tomar decisiones, como apuntábamos antes, inevitablemente vamos a estar incidiendo también en el desarrollo de su capacidad creativa, puesto que ambos procesos, creatividad y resolución de problemas, van de la mano.

Uno de los neuromitos más extendidos es que la creatividad depende del hemisferio derecho de nuestro cerebro y que cuando planteamos situaciones de aprendizaje creativas en el aula estas van a estimular el desarrollo de este hemisferio.

Otro de los neuromitos más extendidos es que la creatividad depende del hemisferio derecho de nuestro cerebro y que cuando

planteamos situaciones de aprendizaje creativas en el aula estas van a estimular el desarrollo de este hemisferio. Como hemos visto en la idea clave 2 (p. 37), nuestro cerebro funciona de forma global y holística, y si bien existe cierta asimetría y lateralización de funciones, ambos hemisferios comparten información constantemente mediante los millones de neuronas que conforman el cuerpo calloso. Nuestro cerebro funciona como un todo, de forma global, y la creatividad es un proceso que también va a depender del trabajo conjunto de ambos hemisferios a través de la activación de redes neurales distribuidas.

De hecho, los estudios demuestran que el proceso creativo depende, sobre todo, de una mayor conexión interhemisférica, una mayor sincronía de la corteza prefrontal, y una mayor conectividad entre regiones cerebrales muy distantes. Este último punto tiene mucho sentido, puesto que, en muchos casos, la creatividad no llega en momentos de inspiración divina, sino que el pensamiento creativo a menudo surge cuando somos capaces de vincular y relacionar ideas y representaciones mentales que ya teníamos previamente y que son muy dispares entre ellas, de una nueva manera o desde una nueva perspectiva, obteniendo y creando así un producto útil y original.

La creatividad no llega en momentos de inspiración divina, sino fruto de vincular y relacionar ideas y representaciones mentales previas de una nueva manera.

Si queremos plantear actividades de aula que promuevan los procesos creativos, el pensamiento divergente y el pensamiento crítico, debemos proponer siempre actividades mínimamente abiertas y flexibles, y eliminar de nuestra práctica docente las actividades de respuesta única que impiden el inicio de cualquier itinerario de conocimiento o de proceso de indagación distinto al preestablecido, favoreciendo de forma directa el pensamiento único.

De hecho, siempre será mejor que entiendan el conocimiento y el aprendizaje como aproximaciones a la realidad, que no verdades absolutas prácticamente dogmáticas que no acepten discusión alguna porque como es lo que sale en el libro de texto y es lo que me van a preguntar en el examen es lo único que es válido. Vivimos en la era de la complejidad, y lo que es realmente útil e importante es

que cada alumno sepa construir y elaborar su relato de forma crítica, reflexiva y justificada.

El pensamiento creativo requiere tiempo para elaborar la información, comprenderla, integrarla, reposarla y, finalmente, establecer relaciones novedosas y originales entre las ideas.

Por otro lado, el pensamiento creativo requiere tiempo. Tiempo para elaborar la información, comprenderla, integrarla, reposarla y, finalmente, establecer relaciones novedosas y originales entre las ideas que hemos estado trabajando y compartiendo. Con esto queremos decir que es complicado que los alumnos y alumnas puedan iniciar procesos creativos en clases de una hora en las que en cuanto se empiezan a elaborar algunos conceptos para ser discutidos se suele acabar el tiempo.

De hecho, muchos docentes reconocen que las preguntas más interesantes suelen llegar al final de la clase, cuando el alumnado ha tenido tiempo suficiente para implicarse en el tema y relacionar ideas. En este sentido, deberíamos plantearnos si con franjas horarias más flexibles facilitaríamos que los alumnos y alumnas trabajaran más y mejor, de forma activa, los conceptos para, finalmente, establecer relaciones funcionales y auténticas que potenciaran realmente el pensamiento creativo y el conocimiento. Al fin y al cabo, son las relaciones entre ideas las que nos permiten dotarlas de significado, y no la simple acumulación de datos.

Esta reflexión enlaza directamente con la importancia de favorecer los descansos cerebrales en el aula, precisamente para permitir la conexión de vías largas relacionadas con el pensamiento creativo. Estos descansos podemos plantearlos de forma más normativa o más autorregulada, pero es importante que el alumnado conozca y desarrolle las técnicas necesarias para llevarlos a cabo, tal y como hemos visto en la idea clave 3 (p. 51), bien a través de ejercicios de respiración, de visualización, de relajación, etc.

Es importante favorecer descansos cerebrales en el aula, bien a través de ejercicios de respiración, de visualización, de relajación, etc.

Por último, y pensando en los más pequeños, el tipo de materiales y propuestas que les ofrezcamos en el aula también van a condicionar una conducta más o menos creativa. En este sentido,

una propuesta que incluya materiales versátiles, abiertos e inespecíficos, orientados a la libre acción, va a permitir un uso y unas acciones intencionadas sobre ellos mucho más creativas, ricas y diversas (imagen 6) que los materiales o los juguetes más concretos y cerrados, como los juguetes de botones y lucecitas que solo permiten unas acciones específicas mucho más dirigidas y rígidas.

Los materiales versátiles, abiertos e inespecíficos van a permitir un uso y unas acciones intencionadas sobre ellos mucho más creativas, ricas y diversas.

Se hace difícil imaginar cómo podrían nuestros niños y niñas realizar construcciones tan creativas como la anterior utilizando solo pegatinas o piezas de encajes, ¿verdad? En Italia, hace tiempo que tienen en cuenta la calidad y la diversidad de los materiales en el aula, y por ello se crearon, en 1996, los centros de reciclaje REMIDA.

Estos centros nacieron en Reggio Emilia como un proyecto cultural centrado en la sostenibilidad, la creatividad y la investigación de materiales de desecho, promoviendo la idea de que el material reciclado puede convertirse en oro (REMIDA viene de Rey Midas) en las escuelas gracias a su uso creativo y versátil, a la vez que conlleva un mensaje ético acerca de la reutilización de materiales en un contexto de un elevado e insostenible consumo de plástico.

Imagen 6. Construcción creativa con material inespecífico y reciclado



Fuente: Giocheria Laboratorio (Milán, Italia)

Estos materiales de desecho son suministrados por unas 200 empresas y fábricas que entregan el material que les sobra o que es defectuoso para que REMIDA lo ponga a disposición de los educadores y educadoras que los quieran reutilizar. En la actualidad, es un proyecto que se ha extendido a otras regiones de Italia (Nápoles, Turín, Boloña, Génova, Milán, Florencia, Romeneto y Varese), así como a otros países del mundo (Noruega, Alemania, Suecia, Australia y Argentina).

El material reciclado puede convertirse en oro en las escuelas gracias a su uso creativo y versátil, a la vez que conlleva un mensaje ético acerca de la reutilización de materiales en un contexto de un elevado e insostenible consumo de plástico.

Aporte científico. El cerebro creativo

La literatura neurocientífica recoge multitud de estudios de neuroimagen que han intentado localizar las redes y los circuitos neurales más críticamente implicados en diferentes funciones cognitivas, y la creatividad ha sido una de ellas. Estos estudios han utilizado diferentes técnicas en función del interés principal. Así, hay estudios con electroencefalografía que han evaluado la activación de la corteza cerebral a través de la implantación de electrodos en el cuero cabelludo, estudios de resonancia magnética funcional que han permitido observar la activación de regiones tanto de la corteza cerebral como de áreas subcorticales, y más recientemente se han empezado a utilizar técnicas que permiten identificar las redes y los circuitos que subyacen a las distintas funciones y procesos cognitivos con una gran resolución espacial.

El estudio que presentamos a continuación (Durante y Dunson, 2018) es uno de los más recientes que ha utilizado técnicas de imaginería cerebral para mapear estas conexiones con el objetivo de relacionar los patrones de conectividad con el nivel de razonamiento creativo que presentaban los sujetos participantes en el estudio.

Imagen 7. Las personas más creativas muestran más conexiones entre ambos hemisferios, sobre todo a nivel de corteza prefrontal



Fuente: Durante y Dunson, 2018

Como se puede observar en la imagen 7, las personas que obtuvieron mayores puntuaciones en creatividad mostraron también un mayor número de conexiones interhemisféricas respecto a las personas que obtuvieron puntuaciones en razonamiento creativo más bajas. Estudios anteriores ya habían especulado sobre la participación de la comunicación entre regiones cerebrales dispares en el proceso creativo. Tal y como podemos observar en la imagen, este aumento en las conexiones entre hemisferios se localizaría, sobre todo, a nivel de corteza prefrontal.

El uso y desarrollo de las funciones ejecutivas y el trabajo interdisciplinar que permite relacionar ideas, conceptos y contenidos curriculares distantes favorece los procesos de creatividad.

Estos resultados contribuyen a desmentir la idea de que la creatividad es un proceso cognitivo que depende principalmente del hemisferio derecho, y otorga a la corteza prefrontal y a las funciones ejecutivas un papel especialmente relevante en los procesos creativos e innovadores. Debemos tener en cuenta, pues, que el uso y el desarrollo de las funciones ejecutivas, especialmente la flexibilidad cognitiva, así como el trabajo interdisciplinar que permite relacionar ideas, conceptos y contenidos curriculares distantes de una forma holística y contextualizada va a favorecer los procesos de creatividad en los niños y niñas y adolescentes.

En la práctica

Preguntas productivas y habilidades de pensamiento

El pensamiento creativo se ve beneficiado también de forma clara con el uso de las preguntas productivas e investigables, o buenas preguntas, respecto a las preguntas reproductivas, o malas preguntas (Sanmartí y Márquez, 2012).

Las preguntas reproductivas son aquellas que requieren que los alumnos y alumnas busquen palabras o frases correctas dentro del libro de texto o en los apuntes de clase para reproducirlos y copiarlos tal cual en el examen o en la actividad de aula. Este tipo de preguntas no se consideran buenas preguntas desde el punto de vista del pensamiento creativo porque se responden repitiendo las informaciones que ha dictado el docente o que se han estudiado y memorizado en un libro de texto.

Por el contrario, una pregunta productiva sí se considera una buena pregunta porque es una pregunta que tiene sentido a partir de los conocimientos adquiridos previamente, pero que requiere activarlos, elaborarlos y relacionarlos de una manera nueva y creativa, obligando al alumno a crear una respuesta inédita, flexible y original distinta a lo que se ha trabajado en clase. En este sentido, la pregunta productiva es aquella que estimula e invita a hacer una mejor observación de aquel conocimiento adquirido, o bien un nuevo razonamiento para poder elaborar y construir la respuesta.

Este tipo de preguntas también promueven el pensamiento divergente y creativo porque suelen ser contextualizadas, es decir, suelen situarse en un contexto que obliga al alumno a transferir y generalizar aquel conocimiento aprendido a un contexto novedoso, preferiblemente real, de manera que la mera copia o reproducción de la información no es suficiente para satisfacer la demanda.

Un ejemplo de pregunta reproductiva después de haber estudiado las flores en clase sería: «Nombra las partes de una flor». En cambio, un ejemplo de pregunta productiva después de

haber estudiado las flores en clase sería: «Explícale a María por qué es importante no coger flores del bosque». Ambas preguntas (Sanmartí, 2010) giran en torno a un mismo contenido curricular, pero el enfoque y la elaboración que demandan están muy alejados. La primera solo exige reproducir un contenido previamente aprendido de forma superficial y memorística, mientras que la segunda requiere aplicar ese contenido a una situación nueva elaborando respuestas sobre sus funciones y su relación con otros elementos.

Es importante que los maestros y docentes aprendamos a formular este tipo de preguntas, sobre todo cuando diseñemos los instrumentos de evaluación del aprendizaje, para asegurarnos de que el alumnado realmente integró el conocimiento. Además, incluir este tipo de preguntas en nuestras evaluaciones constituye una actividad de aprendizaje en sí misma, puesto que el producto que elabora el alumno para resolverlas implica relacionar las ideas de una forma novedosa y creativa.

Asimismo, los educadores debemos modelar este tipo de preguntas en nuestros alumnos y alumnas para que aprendan de nosotros; de lo contrario, se pueden acostumbrar a elaborar preguntas que únicamente requieren recoger y acumular información en lugar de construir conocimientos. Construir conocimiento, atribuyéndole significado, exige el uso de procesos cognitivos superiores complejos, como relacionar, deducir, comprobar, analizar, críticamente, comparar o incluso actuar sobre las ideas que requieren ser relacionadas para poder dar una respuesta compleja. No son procesos fáciles y, como todo, se aprende haciendo.

Este tipo de procesos están muy relacionados con las categorías superiores de la taxonomía de habilidades de pensamiento de Bloom (1956), en la que podemos situar, de menor a mayor complejidad, los objetivos de aprendizaje que planteamos en el aula. Los cuadros 25 y 26 recogen, respectivamente, las habilidades de pensamiento de la taxonomía de Bloom y los procesos cognitivos e intelectuales implicados en cada una de esas habilidades, de acuerdo con Anderson y Krathwohl (2001).

Cuadro 25. Habilidades de pensamiento de la taxonomía de Bloom. Abajo, las habilidades de pensamiento de orden inferior; arriba, las habilidades de pensamiento de orden superior



Fuente: Adaptado de Anderson y Krathwohl, 2001

Cuadro 26. Procesos cognitivos e intelectuales implicados en cada una de las habilidades de pensamiento de la taxonomía de Bloom

CREAR	Categoría nueva de esta revisión que exige relacionar ideas para elaborar algo nuevo, generando, planificando y produciendo ideas originales.
EVALUAR	Ubicada en la cúspide de la taxonomía original, requiere la comprobación de la información de forma crítica y contrastada.
ANALIZAR	Exige descomponer el conocimiento adquirido en sus partes de forma pormenorizada y comprender cómo se relacionan entre ellas para conformar el significado global.
APLICAR	Implica llevar a la práctica un proceso o concepto aprendido y comprendido, ya sea en una situación familiar o en una nueva.
COMPRENDER	Requiere construir significado a partir del material educativo proporcionado por el docente.
RECORDAR	Demanda reconocer y activar en la memoria información previamente adquirida y almacena en la memoria a largo plazo.

Fuente: Anderson y Krathwohl, 2001

Cuando en nuestra práctica de aula exigimos las habilidades de pensamiento de mayor orden, estamos favoreciendo un tipo de aprendizaje competencial que fácilmente va a poder ser transferible y generalizable a las situaciones que se presenten en la vida adulta. Es, por tanto, un tipo de aprendizaje mucho más útil para la mejor adaptación y progreso de los niños y niñas y adolescentes que los aprendizajes que únicamente requieren repetir y copiar unos contenidos que difícilmente van a ser imprescindibles para su desarrollo, tanto profesional como personal.

Idea clave 10

¿Es importante el contacto con espacios naturales para el desarrollo del cerebro y los procesos de aprendizaje?



Nuestro cerebro ha evolucionado a lo largo de los años en contacto directo con la naturaleza y los elementos naturales, de modo que su uso en los entornos de aprendizaje es altamente beneficioso.

¿Los espacios pueden educar a nuestro alumnado?

El impacto de los espacios de aprendizaje sobre los sentimientos, los pensamientos y el comportamiento de los niños y niñas y adolescentes es un tema complejo y que se está investigando actualmente, tanto en el ámbito de la psicología como en el de la neurociencia y la arquitectura (Papale y otros, 2016).

El avance en neurociencias desde finales del siglo xx ha aportado teorías y técnicas que permiten aplicar al diseño arquitectónico los conocimientos sobre el funcionamiento del cerebro, con el fin de

promover un mayor bienestar en las personas que lo habitan. Uno de los campos de investigación en neuroarquitectura que se encuentra hoy día en auge es el de la educación. Poder construir y diseñar espacios educativos, escuelas y universidades que puedan fomentar los procesos de aprendizaje es un reto muy pertinente en la sociedad actual. Este interés viene sustentado por un nuevo paradigma educativo que está provocando una profunda revisión de los factores fundamentales que intervienen en los procesos de enseñanza-aprendizaje, entre ellos el diseño y la organización del espacio en el que van a tener lugar las experiencias de aprendizaje, con el objetivo de optimizar sus procesos subyacentes.

Por todo lo anterior, la arquitectura y la creación de espacios forma parte de uno de los elementos del entorno que influye en nuestro cerebro y, por tanto, en la forma en que pensamos, sentimos y nos relacionamos dentro de ese entorno, y también en cómo se llevan a cabo los procesos de aprendizaje y memoria (Mora, 2013). En este sentido, el diseño de una arquitectura, de unos espacios y de unos materiales que vayan en sintonía y que respeten los códigos de funcionamiento del cerebro, será un elemento fundamental para promover los procesos de atención, aprendizaje y memoria de los niños y niñas y adolescentes en los espacios educativos.

En la última década, se han llevado a cabo diferentes estudios que han comprobado que tanto las características ambientales del lugar de aprendizaje como su organización influyen directamente en cómo el cerebro procesa los estímulos y regula los aprendizajes, así como las acciones y los comportamientos del alumnado (Cheryan y otros, 2014).

Naturaleza y aprendizaje

Una de las herramientas más conocidas y utilizadas para poder aumentar el propio estado de bienestar y disminuir los niveles de estrés es pasear por un entorno natural y rodearnos de naturaleza, ya sea un campo verde un día de primavera, una playa de arena

blanca y agua cristalina en verano o un bosque frondoso y húmedo en otoño.

Rodearnos de naturaleza aumenta el estado de bienestar y disminuye los niveles de estrés.

Un equipo de investigadores británicos quiso conocer los mecanismos cerebrales que subyacen a la experiencia de tranquilidad generada a partir de la visualización de imágenes de paisajes y de espacios naturales. Para ello, utilizaron técnicas de neuroimagen por resonancia magnética funcional para examinar la respuesta neuronal a escenas que eran visual y auditivamente distintas (imágenes y sonidos del mar frente a imágenes y sonidos de autopistas).

Los resultados mostraron patrones de actividad cerebral distintos y bien diferenciados. Concretamente, el grupo que había visualizado y experimentado sonidos provenientes de la naturaleza mostró una mayor conectividad a nivel de corteza prefrontal medial que el grupo que vio y oyó estímulos urbanos, siendo esta una región implicada de forma crítica en la evaluación de los estados mentales, el bienestar y el funcionamiento ejecutivo (Hunter y otros, 2010).

Parece que estos resultados también son afines con la hipótesis evolucionista de la biofilia del profesor Edward O. Wilson, de la prestigiosa Universidad de Harvard. Su teoría explica que los *Homo sapiens* sienten un interés innato por todos los seres vivos, por lo que una de sus necesidades primarias para sentirse sano y con bienestar es el contacto con la naturaleza. Los humanos hemos vivido y sobrevivido siempre en contacto directo con la naturaleza; hace muy pocos años en nuestra historia como especie que vivimos en ciudades y en entornos urbanos.

Los humanos hemos vivido y sobrevivido siempre en contacto directo con la naturaleza; hace muy pocos años en nuestra historia como especie que vivimos en ciudades y en entornos urbanos.

Tanto el agua como la vegetación son dos escenarios y elementos que resultan cruciales para la supervivencia y la evolución de todas las especies. Otros estudios confirman esta teoría. Por ejemplo, un estudio sociológico con más de 350.000 personas reveló que, cuanto más verde es el entorno de las

personas, menos frecuentes son los casos de enfermedades cardiovasculares y pulmonares, así como los trastornos psiquiátricos (Maas y otros, 2009). Otra investigación confirmó que vivir cerca de la naturaleza puede aumentar la esperanza de vida de forma significativa (Tzoulas y otros, 2007).

Tal y como hemos ido explicando a lo largo de las diferentes ideas clave, podemos encontrar una fuerte relación entre el bienestar emocional y el rendimiento cognitivo. Así, no es de extrañar que estudios realizados con niños y niñas de entre 9 y 13 años hayan observado efectos beneficiosos del contacto y la interacción con la naturaleza tanto en sus niveles de estrés y autoestima como en diferentes variables cognitivas relacionadas con la memoria (Collado, Staats y Corraliza, 2013).

En esta línea, en la última década se ha empezado a hablar de un nuevo conjunto de síntomas que se recogen bajo la denominación *trastorno por déficit de naturaleza* y que incluyen manifestaciones clínicas como la hiperactividad y la obesidad, que podrían estar asociados a una falta de contacto con el medio natural y a un aumento claro del sedentarismo.

En la última década se ha empezado a hablar de un nuevo conjunto de síntomas que se recogen bajo el término de trastorno por déficit de naturaleza, que engloba manifestaciones clínicas como la hiperactividad y la obesidad.

En este sentido, encontramos estudios que muestran que el contacto con la naturaleza es capaz de mejorar la concentración en niñas y niños hiperactivos. Solamente con un paseo por el campo de 20 minutos diarios las niñas y los niños afectados por TDAH manifestaron un aumento en su rendimiento atencional parecido al que proporciona el tratamiento farmacológico habitual (Faber-Taylor y Kuo, 2011). Este efecto restaurador de la función atencional se explica porque en un entorno natural hay muchos menos estímulos irrelevantes y distractores que inhibir, y el sistema de atención ejecutiva, muy afectado en TDAH, puede relajarse y descansar, aliviando así el efecto de desgaste que sufre en un entorno urbano altamente estimulante.

En un entorno natural hay menos estímulos irrelevantes y distractores y el sistema de atención ejecutiva, muy afectado en TDAH, puede relajarse y descansar.

En el contexto educativo actual, podemos observar que en la etapa de educación infantil hay una cierta predisposición e interés generales a utilizar a menudo los entornos naturales como herramienta para favorecer las experiencias de aprendizaje de los niños y niñas. Muchos centros de educación infantil explican cómo los entornos de aprendizaje al aire libre y altamente naturalizados de sus centros estimulan la diversidad de experiencias de juego de los niños y contribuyen a su desarrollo integral (físico, cognitivo y emocional) de forma óptima y saludable. Así, la incorporación de jardines, huertos, árboles, arbustos, flores y agua en la educación infantil es cada vez más habitual.

El interés en conectar a los niños y niñas con escenarios naturales también está explicitado en la Ley Orgánica de Educación (2006, p. 478), como podemos ver en el Real Decreto 1630/2006, que establece las enseñanzas mínimas de segundo ciclo de educación infantil:

El medio natural y los seres y elementos que lo integran se convierten bien pronto en objetos preferentes de la curiosidad e interés infantil. Las vivencias que tienen en relación con los elementos de la naturaleza y la reflexión sobre ellas les llevarán, con el apoyo adecuado de la escuela, a la observación de algunos fenómenos naturales, sus manifestaciones y consecuencias, así como a acercarse gradualmente al conocimiento de los seres vivos, de las relaciones que se establecen entre ellos, de sus características y de algunas de sus funciones.

No obstante, es de elevada importancia que los agentes educativos de todos los ámbitos académicos seamos conscientes de que la contemplación e interacción en entornos naturales (jardines, campos o bosques) favorece el bienestar y concentración a lo largo de toda la vida. Así pues, el uso de elementos naturales no puede limitarse a la educación infantil, sino que debe extenderse al resto de etapas educativas, tanto a primaria y secundaria como a los estudios superiores. No solo el alumnado va a beneficiarse de este contacto con la naturaleza, también los maestros y maestras y docentes podemos ver acrecentado nuestro bienestar gracias a la incorporación de estos elementos.

El uso de elementos naturales no puede limitarse a la educación infantil, sino que debe extenderse al resto de etapas educativas, tanto a primaria y secundaria como a los estudios superiores. No solo el alumnado va a beneficiarse de este contacto con la naturaleza, también los maestros y

maestras y docentes podemos ver acrecentado nuestro bienestar gracias a la incorporación de estos elementos.

Una de las razones por las que el hecho de permanecer en espacios naturales se relaciona con un aumento de la concentración es que en este tipo de ambientes se requiere de un menor esfuerzo cognitivo, de manera que podría verse favorecida la ejecución en tareas cognitivas complejas (Berman, Jonides y Kaplan, 2008). Asimismo, los espacios naturales son entornos flexibles y fácilmente transformables, por lo que pueden vincularse de forma abierta y dinámica al proceso educativo que estemos llevando a cabo y a sus demandas cambiantes en función de las necesidades y los intereses del grupo.

Una estrategia interesante que podríamos implementar sería la de naturalizar los espacios exteriores de las escuelas y poder utilizarlos como espacios útiles de aprendizaje. Veremos algunas ideas orientadas hacia esta propuesta específica en el último apartado de esta idea clave.

Podríamos naturalizar los espacios exteriores de las escuelas y utilizarlos como espacios útiles de aprendizaje.

En este sentido, algunos estudios muestran beneficios muy concretos, como el estudio de Tanner (2009), en el que se observó que los niños y niñas que desde las ventanas del aula observaban sin obstáculos más de 15 metros de elementos naturales mostraban un mayor rendimiento que aquellos otros privados de estas vistas o que solo observaban calles u otros escenarios urbanos.

Otro elemento muy importante e inherente al uso de espacios naturales exteriores es que favorecen el libre movimiento de los alumnos y alumnas. Y es que un gran número de estudios científicos han demostrado que el movimiento activo y el ejercicio físico fortalecen las áreas cerebrales relacionadas con el aprendizaje y mejoran el rendimiento en diversas habilidades como la comprensión lectora o el rendimiento matemático.

En esta línea, se ha demostrado que la actividad física moderada permite oxigenar el cerebro y provoca un aumento claro en los niveles de ciertos neurotransmisores como la adrenalina y la noradrenalina, que estarían preparando el cerebro para responder

mejor y más rápidamente a los retos que se presentan, mejorando los procesos de atención y el estado de alerta general.

La actividad física moderada permite oxigenar el cerebro y provoca un aumento claro en los niveles de ciertos neurotransmisores como la adrenalina y la noradrenalina, que estarían preparando el cerebro para responder mejor y más rápidamente a los retos que se presentan, mejorando los procesos de atención y el estado de alerta general.

Además, el ejercicio físico se ha relacionado también con el aumento en la producción de BDNF, un factor neurotrófico derivado del cerebro que, como hemos visto antes, permite una mejor conectividad neuronal gracias al crecimiento de las dendritas de las neuronas (Kinoshita, 1997), mejorando así los procesos de plasticidad sináptica subyacentes a la consolidación de la memoria.

Por ejemplo, estudios recientes con niños y niñas de 9 y 10 años (Chaddock y otros, 2011) han demostrado una relación positiva entre la forma física y el volumen hipocampal. Es decir, los niños y niñas en una mejor forma física presentaban un hipocampo ligeramente mayor, y una relación positiva entre este mayor tamaño y un mejor rendimiento en la memoria de tipo relacional. Resultados similares se observaron en un programa de actividad física extraescolar para alumnos de 7 a 9 años (Hillman y otros, 2014) en el que los alumnos y alumnas que siguieron el programa de entrenamiento mostraban una mayor actividad cerebral y una mejor capacidad atencional en comparación con el grupo control.

La actividad física también se ha relacionado con una reducción de los niveles de estrés y con una mayor capacidad de autocontrol.

La actividad física también se ha relacionado con una reducción de los niveles de estrés y con una mayor capacidad de autocontrol. Así, la práctica de actividad aeróbica en niños de 8 o 9 años mostró una mayor activación de regiones de la corteza prefrontal que iban acompañados de una mejora en tareas que implicaban autocontrol (Chaddock y otros, 2013), así como una atenuación de parámetros relacionados con estrés en niños y niñas de 6 y 7 años (Mierau y otros, 2014).

Usar el espacio natural exterior promueve el movimiento y da respuesta a nuestro diseño evolutivo no sedentario.

Vemos, pues, que el movimiento tiene efectos beneficiosos para las capacidades mentales, mientras que una falta de movimiento y un exceso de sedentarismo se relaciona con un peor procesamiento de la información, así como con una menor capacidad de atención sostenida (Luque-Casado y otros, 2016). Así pues, el poder utilizar el espacio natural exterior es una buena estrategia que promueve el movimiento y, al mismo tiempo, evita el que el alumnado permanezca sentado en una silla durante la mayor parte del horario escolar, dando respuesta, una vez más, a nuestro diseño evolutivo no sedentario.

Además, se ha comprobado que en espacios naturales hay una facilitación del juego, de las interacciones sociales y de la colaboración entre iguales. Elementos íntimamente relacionados con los procesos de aprendizaje, tal y como hemos señalado en la idea clave 8 (p. 149), así como con la facilitación de la consolidación de la memoria y la plasticidad neural que la sustenta.

Se ha comprobado que en espacios naturales hay una facilitación del juego, de las interacciones sociales y de la colaboración entre iguales.

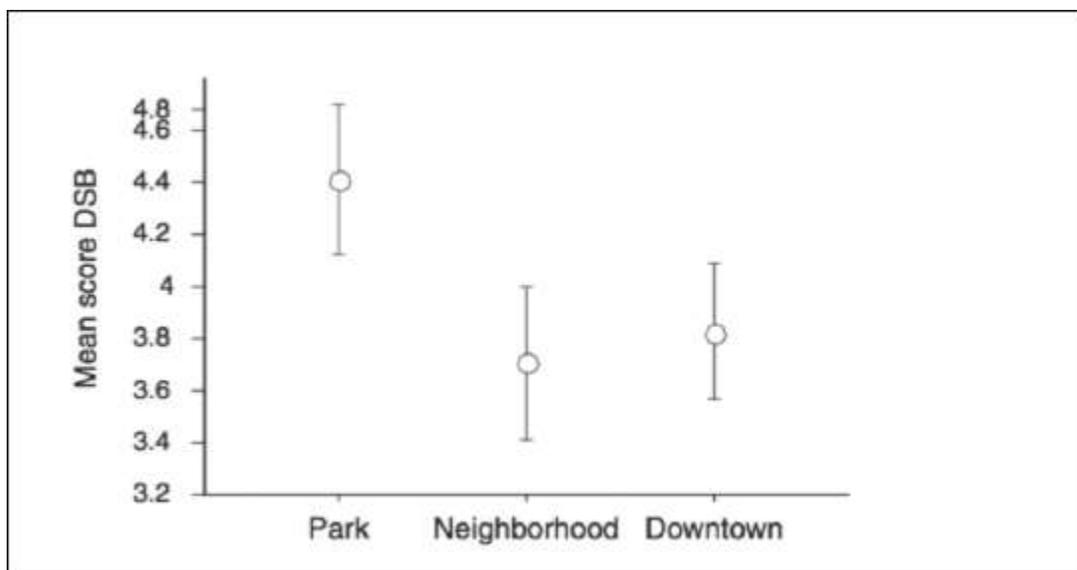
Aporte científico. Beneficios del contacto con la naturaleza

A continuación, se presentan diferentes estudios y revisiones que explican los beneficios más relevantes de conectar a los niños y niñas con la naturaleza.

- *Aumenta los niveles de creatividad y la resolución de problemas.* Estudios que observaban el tipo de juego más prevalente dentro y fuera de los espacios escolares encontraron que los niños y niñas participaban en formas de juego más creativas en las áreas verdes. Además, también mostraron un mayor número de conductas de juego cooperativo en este contexto (Dyment y Bell, 2007). Jugar en la naturaleza es especialmente importante para desarrollar capacidades como la flexibilidad, la resolución de problemas y el desarrollo intelectual (Maller, 2009).

- *Mejora las habilidades cognitivas.* Cuando los alumnos y alumnas se encuentran próximos y tienen vistas a entornos naturales de manera diaria, hay un aumento de su capacidad para concentrarse que se asocia con una mejora de sus habilidades cognitivas (Wells, 2000).
- *Mejora el rendimiento académico.* Estudios en los Estados Unidos indican que las escuelas que usan aulas al aire libre y otras formas de educación experiencial basada en la naturaleza tienen mayores índices de alumnas y alumnos aprobados y mejores puntuaciones en las áreas sociales, científicas, artísticas, lingüísticas y matemáticas (Parrish y otros, 2005).
- *Reduce los síntomas del TDAH.* El contacto con el mundo natural puede reducir significativamente síntomas del trastorno de déficit de atención (TDAH) tanto en niños como en jóvenes (cuadro 27).
- *Incrementa la actividad física.* Los alumnos y alumnas que utilizan habitualmente los espacios de la escuela con diversos entornos naturales son físicamente más activos, más conscientes de su nutrición, más cooperativos entre ellos y más creativos (Dyment y Bell, 2007).

Cuadro 27. Mejoras en la función atencional de niños y niñas con TDAH después de dar un paseo por un entorno natural (*park*) respecto a niños y niñas con TDAH que pasearon en entornos urbanos



Fuente: Faber-Taylor y Kuo, 2011

- *Mejora los hábitos nutricionales.* Se ha comprobado que si los alumnos y alumnas cultivan sus propios alimentos son más propensos a comer frutas y verduras (Bell y Dymont, 2008) y expresan niveles más altos de conocimiento sobre nutrición (Koch, Waliczek y Zajicek, 2006). Este hecho los hace proclives a que perpetúen hábitos alimenticios saludables a lo largo de sus vidas (Morris y Zidenberg-Cherr, 2002).
- *Mejora la vista.* Estar más tiempo al aire libre se ha relacionado con menores tasas de dificultades visuales como la miopía en niños y niñas y adolescentes (Sherwin y otros, 2012). De hecho, la miopía se desarrolla cuando los niños y niñas se especializan en ver de cerca debido al exceso de actividades de papel y lápiz, y dejan de mirar hacia el horizonte como harían en un entorno natural.
- *Mejora las relaciones sociales.* Hay un aumento de interacciones sociales positivas, comunicación asertiva y mayor colaboración entre el alumnado cuando tiene oportunidades regulares de jugar y permanecer al aire libre (Burdette y Whitaker, 2005).
- *Mejora la autodisciplina.* El acceso a espacios verdes, e incluso solamente las vistas a espacios exteriores naturales, puede mejorar el clima en el aula, el autocontrol y la autodisciplina en niños y niñas y adolescentes (Faber-Taylor, Kuo y Sullivan, 2001).
- *Reduce los niveles de estrés.* Los escenarios naturales, así como sus vistas, reducen los niveles de estrés, especialmente entre los niños y niñas altamente estresados, de manera que esto contribuye de forma clara en su predisposición hacia el aprendizaje. A mayor número de plantas, vistas más verdes y más acceso a las áreas de juego, los resultados son más significativos (Wells y Evans, 2003).

En la práctica

Naturalizar el patio

Hoy día, hay muchas escuelas y centros educativos que se cuestionan el diseño y la organización de sus espacios exteriores y que discuten sobre cómo mejorar las posibilidades y limitaciones que este plantea a su alumnado, entendiendo que el patio es un espacio educativo más que debemos aprovechar para fomentar también los procesos de aprendizaje y el desarrollo de los niños y niñas y adolescentes.

Tradicionalmente, la escuela ha tenido, sobre todo, dos tipos de espacios más o menos rígidos y estructuralmente delimitados: un espacio interior y cerrado en el que tienen lugar las actividades académicas, con los niños y niñas sentados de manera pasiva la mayor parte del tiempo, y otro espacio exterior, el patio, en el que estos niños y niñas liberan toda la energía acumulada durante las horas en las que han permanecido sedentarios y no han podido moverse.

Bajo este prisma, el patio se considera meramente un descanso (recreo) entre las diferentes actividades lectivas de la escuela para que los niños y niñas descarguen sus impulsos y su necesidad intrínseca de movimiento. Por ello, en la mayoría de patios de escuela, lo que observamos son espacios diseñados únicamente para el juego motor de carácter competitivo (pistas de fútbol o pistas de baloncesto), y con presencia, casi en exclusiva, del cemento y el hormigón como paisaje circundante.

Este diseño de patio, muy prevalente aún en nuestros días, es altamente limitante. Por un lado, por las propuestas pedagógicas que ofrece, limitadas a un juego básicamente de descarga motriz y que responde mayormente a las necesidades de los niños por encima de las necesidades de las niñas (a la vista está que en la mayoría de patios de centros escolares las niñas se agrupan en rincones alrededor de las pistas o en otras ubicaciones residuales del patio, mientras la mayoría de niños ocupan los espacios centrales). Y, por otro lado, por la pobreza sensorial y ambiental de un espacio sin diversidad estimular ni paisajística y carente de ningún elemento natural.

Si bien es cierto que nuestra especie, el *Homo sapiens*, no es sedentaria de forma natural, y que, evolutivamente, estamos diseñados para estar en activos (por lo que los niños y niñas y

adolescentes, y también los adultos, necesitan moverse de forma intrínseca), ello no implica necesaria y obligatoriamente que el patio deba concebirse como un espacio en el que únicamente se posibilite el juego motor. Si entendemos las situaciones de enseñanza-aprendizaje lo suficientemente flexibles como para que pueda haber libre movimiento, no solo en el patio, sino también en las aulas, no va a ser necesario destinar un gran espacio del centro, con importantes posibilidades educativas (sobre todo gracias al contexto de libre elección y de interacción social natural y espontánea), solo para descargar todo el movimiento del que han sido privados.

Por otro lado, conviene recordar que nuestro diseño evolutivo requiere también del contacto con la naturaleza para nuestro óptimo desarrollo y bienestar. Tal y como hemos apuntado anteriormente, como especie animal hemos evolucionado a lo largo de millones de años en contacto directo con la naturaleza, en un entorno natural como el resto de especies animales, y hace solo algunos cientos de años que los humanos hemos empezado a vivir en entornos urbanos, de manera que lo que esperan nuestros genes es el verde de la montaña o el azul del mar, y no el gris del cemento, el asfalto y el hormigón. Nuestro entorno sociocultural ha cambiado y ha evolucionado mucho en las últimas décadas, pero no así nuestro diseño evolutivo, que sigue siendo el mismo desde hace unos 200.000 años.

Las escuelas que están cerca de la naturaleza pueden aprovechar para hacer salidas al entorno natural y beneficiarse de las múltiples repercusiones que tiene aprender en la naturaleza para el desarrollo integral del niño, pero las escuelas y centros educativos que están enmarcados en un entorno metropolitano muy urbano lo tienen mucho más difícil, por lo que naturalizar los patios es una opción que está ganando protagonismo en aquellas escuelas que están repensando sus espacios, al margen de que se puedan incorporar también elementos naturales en las aulas.

A continuación, señalamos algunas ideas para incorporar la naturaleza en el espacio exterior de las escuelas orientadas al desarrollo cognitivo, emocional y físico del alumnado.

Diversidad de superficies

Volviendo de nuevo a nuestro diseño evolutivo, nuestra especie está diseñada para poder desplazarse de forma exitosa por diversidad de superficies, no únicamente asfalto y cemento, de manera que incorporar otros elementos sobre los que el desplazamiento y la biomecánica necesarios sean distintos enriquece nuestra psicomotricidad. Superficies distintas demandan que la planificación motriz sea más flexible y adaptable al entorno, sofisticando su ejecución, y a la vez proporcionan mayor estimulación táctil, propioceptiva (sensaciones que provienen del propio cuerpo) y vestibular (equilibrio), por la diversidad de superficies a las que debemos adaptar nuestro paso.

Cuando hablamos de incorporar diferentes elementos para diversificar las superficies nos referimos, básicamente, a utilizar arena (con las amplísimas oportunidades de aprendizaje que ofrece un arenero), hierba, piedras, circuitos de troncos, tierra, barro, hojas, etc. Diversificar las superficies es siempre un punto de partida excelente para empezar a naturalizar el patio.

Agua

Otro de los elementos naturales que ofrece mayores oportunidades de aprendizaje es el agua; por sí misma, como material natural de gran interés, y en combinación con otros elementos, como la arena o la tierra, a los que transforma (disoluciones, mezclas, barro). Además, podemos incorporarla en contextos y propuestas de experimentación que potencien el desarrollo cognitivo, físico y social: circuitos de agua, trasvases, propuestas de flotación, fuentes, bombas de agua, surtidores, peceras con peces, etc.

Vegetación

La diversidad y riqueza de un entorno naturalizado va a depender también de la diversidad de vegetación que utilicemos en el espacio exterior. Hace ya tiempo que muchas escuelas han incorporado un huerto en el patio y que han podido beneficiarse del trabajo en él. Otras han delimitado zonas y espacios verdes

en las que se encuentran distintas plantas aromáticas o diferentes tipos de arbustos. Para diversificar aún más estas propuestas, podemos incorporar diferentes tipos de árboles frutales, árboles exóticos, árboles con hoja perenne o caduca, enredaderas con las que tapar las paredes de cemento, escondites, pasillos con caña de bambú, flores, zonas ajardinadas... Otro de los beneficios que conlleva la naturalización del espacio exterior es que con las plantas, los árboles y las flores aumentan también exponencialmente las posibilidades de observación de insectos, pájaros, nidos, huevos y otros elementos naturales.

Pendientes y desniveles

En la actualidad, los niños y niñas, adolescentes y adultos caminamos siempre sobre superficies planas (calles cimentadas, suelos de los pisos planos, parques planos), siendo de nuevo un elemento empobrecedor para nuestro desarrollo psicomotriz, propioceptivo y vestibular. En este sentido, hay escuelas que han empezado a incorporar pendientes y desniveles en sus patios, montañas de tierra, desniveles con troncos, toboganes naturales, subidas y bajadas a las que los niños y niñas no pueden resistirse, puesto que son propuestas que responden a sus necesidades naturales.

Zonas de sol y de sombra

Cuando rediseñamos y repensamos un espacio exterior para incorporar naturaleza en él, es importante que tengamos en cuenta poder disponer de zonas más soleadas para aquellas plantas o animales que requieran de luz solar, y zonas más sombrías para aquella vegetación que así lo requiera, pudiendo recrear zonas más secas y zonas húmedas en el mismo patio. Además, siempre es interesante disponer de toldos o pérgolas con enredaderas que nos puedan proporcionar sombra en las zonas de juego para los días más calurosos del verano.

Animales

Cuando pensamos en naturalizar el patio, enseguida pensamos en incorporar un huerto o unas plantas aromáticas. Ahora bien, los animales también forman parte de la naturaleza, y los niños y niñas también tienen un interés instintivo por conocerlos y explorarlos. Como se ha comentado anteriormente, cuando diversificamos la riqueza de vegetación, aumenta también la presencia de insectos, potenciando así las posibilidades de conocimiento del modelo animal. Pero si de forma intencionada incorporamos otro tipo de animales, ya sea en el espacio exterior (gallinas, conejos o peces) o en las clases (roedores, erizos, gusanos de seda o iguanas), aumentamos exponencialmente estas oportunidades de aprendizaje.

Respecto a los beneficios de trabajar con animales, numerosos estudios han observado mejoras emocionales y físicas a nivel terapéutico (de ahí que cada vez más se hable de la terapia asistida con animales), pero también resulta ser una excelente herramienta docente. Por un lado, nos permite conocer el modelo animal de primera mano y de forma vivencial, y no a través de un libro; por otro, requiere que los alumnos y alumnas desarrollen competencias y actitudes de cuidado y respeto compartidos hacia el animal, responsabilizándose de la buena salud y bienestar de otro ser vivo.

Propuestas pedagógicas con elementos naturales

Beneficiarse de la riqueza y calidad de los materiales naturales no significa únicamente incorporar la naturaleza como elemento estético y decorativo. Las propuestas pedagógicas y de juego también pueden beneficiarse del uso de estos materiales. En este sentido, en el espacio exterior podemos incorporar propuestas y materiales que inviten al juego compartido y a la interacción social natural y espontánea de los niños y niñas a través de cabañas y casitas de madera, cocinitas de exterior hechas con elementos naturales, material para construir cabañas, bancos, mesitas con troncos para sentarse o cajas. Asimismo, es igualmente relevante incorporar elementos naturales en las propuestas educativas en el aula. A modo de ejemplo, no será lo

mismo el juego simbólico con elementos de plástico que con elementos de la naturaleza, infinitamente más ricos y variados desde el punto de vista sensorial, y mucho más atractivos para los niños y niñas de temprana edad.

Estas son solo algunas ideas sobre las que empezar a repensar y rediseñar los espacios exteriores, pero lo más importante en un proyecto de cambio del espacio escolar es siempre tener en cuenta las necesidades reales de cada centro educativo, sus posibilidades y sus limitaciones, y, sobre todo, qué queremos que suceda con cada propuesta o material que incorporamos al patio que justifique su elección y su diseño. La reflexión pedagógica y conjunta de todo el equipo es lo que va a obtener siempre mejores resultados en una intervención de cambio y mejora del espacio de aprendizaje.



Para saber más...

BLAKEMORE, S.J.; FRITH, U. (2007): *Cómo aprende el cerebro. Las claves para la educación*. Barcelona. Ariel.

Sarah Blakemore y Uta Frith son investigadoras del Instituto de Neurociencia Cognitiva del University College de Londres expertas en neurodesarrollo y aprendizaje. En este libro, las autoras detallan en un lenguaje sencillo, pero con un gran rigor técnico, las principales características del desarrollo del cerebro durante la infancia y la adolescencia. Asimismo, realizan una descripción minuciosa de los procesos de plasticidad cerebral subyacentes al aprendizaje y a la memoria. ¿Qué y cuándo debe enseñarse a un niño o a un adolescente para obtener un aprendizaje óptimo? A estas y a otras preguntas se obtiene respuesta en este libro. Un deslumbrante y seductor viaje por el cerebro de niños y niñas y adolescentes.

BUENO, D. (2017): *Neurociencia para educadores*. Barcelona. Octaedro.

Los lectores podrán encontrar exactamente lo que el subtítulo del libro bien sugiere: «Todo aquello que los educadores siempre han querido saber sobre el cerebro de sus alumnos y nunca nadie se ha atrevido a contárselo de una manera comprensible y útil». El profesor e investigador de la Universidad de Barcelona David Bueno pretende explicar de manera clara y amena las principales aportaciones de la neurociencia a la educación.

FORÉS, A., y otros (2015): *Neuromitos en la educación. El aprendizaje desde la neurociencia*. Barcelona. Plataforma Editorial.

¿Utilizamos solamente el 10% de nuestro cerebro? ¿Tiene el sueño algún beneficio en el aprendizaje? ¿Se aprende mejor escuchando a Mozart? Los autores y autoras de este libro pretenden dar respuesta a estas y más preguntas basándose en los últimos descubrimientos en neurociencia con el objetivo de desmontar doce mitos o falsas creencias bastante arraigadas y popularizadas en el campo educativo.

HOWARD-JONES, P. (2011): *Investigación neuroeducativa. Neurociencia, educación y cerebro: de los contextos a la práctica*. Madrid. La Muralla.

El prestigioso neurocientífico británico Paul Howard-Jones, de la Universidad de Bristol, es uno de los pioneros en acercar la investigación en neurociencia al campo educativo. En este manual, podremos ver cómo el autor pretende tender un puente entre estas dos perspectivas mediante la investigación empírica. El lector podrá encontrar un análisis de los principales neuromitos, una descripción exhaustiva sobre cómo aprendemos y una propuesta metodológica para poder promover la investigación neuroeducativa. Es una lectura esencial para todas las personas interesadas en la investigación y el aprendizaje humano en contextos reales.

KALIMAN, P.; AGUILAR, M. (2014): *Cocina para tu mente*. Barcelona. Blume.

¿Existen los alimentos neuroprotectores? ¿Qué alimentos debemos ingerir para promover la síntesis de neurotransmisores como la serotonina? La doctora Perla Kaliman acerca de manera clara y rigurosa a la sociedad los avances de la ciencia relacionados con estilos de vida saludables. De la ciencia a la mesa: los conceptos científicos que se incluyen en el libro se vuelven aplicables para todos de la mano de las recetas originales, sabrosas y llenas de color del chef Miguel Aguilar. Una de las estrategias a nuestro alcance para ayudar a mantener el cerebro sano es consumir alimentos que provean factores neuroprotectores. Este libro ofrece una guía para aprender cuáles son esos alimentos, qué propiedades beneficiosas tienen y cómo cocinar con ellos.

MORA, F. (2013): *Neuroeducación*. Madrid. Alianza.

Uno de los manuales por excelencia sobre neuroeducación. Francisco Mora, catedrático de fisiología humana de la Universidad Complutense de Madrid, pretende describir esta nueva disciplina centrándose especialmente en la importancia de la emoción y la motivación para el aprendizaje. Un libro muy bien escrito y de carácter divulgativo en el que Mora analiza y reflexiona sobre elementos que influyen en el aprendizaje y anima a que los educadores puedan conocer para poder aplicar en su realidad de aula.

MORGADO I. (2014): *Aprender, recordar y olvidar. Claves cerebrales de la memoria y la educación*. Barcelona. Ariel.

Un manual imprescindible sobre las bases neurobiológicas del aprendizaje y la memoria. Ignacio Morgado, catedrático de psicobiología de la Universidad Autónoma de Barcelona, es un excelente divulgador capaz de acercar los avances científicos de manera rigurosa y pertinente a aquellas personas interesadas en conocer cómo el cerebro aprende, almacena y retiene los conocimientos. Un libro de referencia para conocer de primera mano las claves científicas que permiten establecer los mejores procedimientos para enseñar y aprender con eficacia.

MORGADO, I. (2012): *Como percibimos el mundo. Una exploración de la mente y los sentidos*. Barcelona. Ariel.

En este libro, Ignacio Morgado nos incita a emprender un viaje sobre cómo el cerebro recibe y procesa la información del mundo y cómo se genera la consciencia. La percepción condiciona de manera directa lo que aprendemos, lo que hacemos y lo que sentimos. ¿Quiénes somos? ¿De qué soy consciente en cada momento? En este manual, el lector se sumerge en los secretos del cerebro y puede comprender de manera fácil, con detalle y rigor la mente humana y el mundo de los sentidos.

MORGADO, I. (2010): *Emociones e inteligencia social. Las claves para una alianza entre los sentimientos y la razón*. Barcelona. Ariel.

¿Son compatibles la razón y los sentimientos? ¿Es posible lograr un equilibrio entre ambos? ¿Somos seres racionales o sentimentales? ¿Por qué cuesta tanto controlar las emociones? El autor nos explica con brillantez y simplicidad qué son, cómo aparecieron y cómo se generan las emociones y los sentimientos en los seres humanos. Este manual pretende reflexionar sobre las claves para promover una

inteligencia emocional que nos permita tener bienestar y adaptarnos adecuadamente a nuestro entorno social.

SOUSA, D. (2014): *Neurociencia educativa: Mente, cerebro y educación*. Madrid. Narcea.

Uno de los puntos fuertes de este manual es que el doctor David A. Sousa no solamente nos detalla de manera exhaustiva los principales avances en el campo de la neurociencia educativa, sino que nos aterriza en la práctica estos conocimientos ofreciendo estrategias contrastadas para su uso en el aula. ¿Cómo es el cerebro alfabetizado? ¿Y el cerebro aritmético? ¿Cómo podemos aquietar y serenar el cerebro? Tras una introducción sobre la fisiología del cerebro y las características del desarrollo del sistema nervioso, este libro pretende acercarnos los avances en neurociencia al día a día de la práctica docente.

TOKUHAMA-ESPINOSA, T. (2011): *Mind, Brain, and Education Science: A comprehensive guide to the new brain-based teaching*. Nueva York. W.W. Norton.

La investigadora educativa Tracey Tokuhamas-Espinosa es una reconocida experta mundial en las contribuciones de la tecnología y la neurociencia al campo de la educación. Este libro es un manual imprescindible y de referencia internacional para acercarse a las evidencias científicas que favorecen la mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje. «Los grandes maestros siempre han intuido por qué sus métodos funcionan; gracias a la tecnología de la imagen por resonancia en el cerebro ahora es posible sustentar esos palpitos con investigación científica empírica».



Glosario

AMÍGDALA	Estructura subcortical localizada en la parte medial de los hemisferios temporales, delante del hipocampo, principalmente implicada en las respuestas emocionales primarias.
AUTOEVALUACIÓN	Proceso mediante el cual el propio alumno o alumna evalúa y valora su rendimiento y su proceso de aprendizaje.
BDNF	Factor neurotrófico derivado del cerebro, del inglés <i>brain-derived neurotrophic factor</i> . Es una proteína del cerebro que actúa como un factor de crecimiento nervioso relacionado con los procesos de plasticidad cerebral.
COEVALUACIÓN	Proceso mediante el cual los alumnos y alumnas evalúan y valoran el rendimiento y el proceso de aprendizaje de sus compañeros y compañeras.
CONSTRUCTIVISMO	Corriente pedagógica que sostiene que es el aprendiz quien debe construir sus propios conocimientos con las ayudas mínimas necesarias (andamiaje) y sobre la base de sus conocimientos previos.
CORTEZA CEREBRAL	Capa de tejido nervioso de unos 4 mm de grosor que recubre la superficie de los hemisferios cerebrales, en la que se concentran la mayor parte de los cuerpos celulares de las neuronas (materia gris) y de cuyo funcionamiento dependen las funciones intelectuales

	conscientes (percepción, lenguaje, razonamiento...).
CORTEZA PREFRONTAL	Parte de la corteza cerebral localizada en la parte más anterior del lóbulo frontal, la más moderna filogenéticamente hablando, una de las regiones con mayores conexiones con el resto del cerebro, la que más tarda en madurar y de cuyo funcionamiento dependen las funciones cognitivas de alto nivel.
CREATIVIDAD	Habilidad cognitiva que permite generar diversidad de posibles respuestas o soluciones a un problema, diferentes entre ellas y que sean novedosas u originales.
CROMATINA	Forma en la que se presenta el ADN en el núcleo celular.
EPIGENÉTICA	Estudio de las interacciones entre genes y ambiente que se producen en los organismos.
ESTRÉS	Respuesta psicofisiológica innata e instintiva ante un estímulo amenazante que energiza y prepara al organismo para responder (luchar o huir) vinculada a la supervivencia de la especie.
ESTRIADO VENTRAL	Conjunto de núcleos subcorticales que forman parte del sistema de los ganglios basales. Sus funciones principales se relacionan con la motivación, la recompensa y la formación de hábitos.
FILTRO ATENCIONAL	Proceso mediante el cual se seleccionan los estímulos relevantes del entorno para ser atendidos, codificados y procesados, y se

	inhiben el resto de estímulos considerados irrelevantes.
FLEXIBILIDAD COGNITIVA	Función ejecutiva que permite generar y seleccionar esquemas de acción o de pensamiento diferentes cuando las estrategias utilizadas no han tenido éxito. Especialmente implicada en creatividad y pensamiento divergente.
FUNCIONES EJECUTIVAS	Conjunto de mecanismos cognitivos de alto nivel que guían y orientan la conducta hacia la consecución de objetivos y la resolución de problemas, sobre todo en contextos novedosos y no rutinarios.
GLÍA	Conjunto de células del tejido nervioso que, entre otras funciones, dan soporte, nutren y mielinizan a las neuronas.
GLUCÓGENO	Forma de almacenarse los hidratos de carbono en el hígado y los músculos los cuales puede transformarse en glucosa cuando el organismo lo requiere.
HEREDABILIDAD	Proporción de la variación entre los individuos que es debida a factores genéticos o ambientales.
HIPOCAMPO	Estructura subcortical localizada en la parte medial de los hemisferios temporales relacionada con la consolidación de la memoria, la creación de nuevos recuerdos y la orientación espacial.
HISTONA	Proteína básica que conforma la cromatina.

INHIBICIÓN	Función ejecutiva que permite anular o demorar de manera consciente la ejecución de una conducta impulsiva o automatizada. Especialmente relacionada con la autorregulación emocional y la inhibición de estímulos distractores.
INPUT	Entrada de información en el SNC.
INTEGRACIÓN SENSORIAL	Proceso mediante el cual se coordinan y se organizan las informaciones provenientes de las distintas modalidades sensoriales para construir una representación mental coherente y funcional de la realidad percibida.
MEMORIA DE TRABAJO	Función ejecutiva que permite mantener información activa para poder operar con ella, bien recuperando información previamente almacenada, bien incorporando nueva información. Especialmente implicada en procesos de comprensión, razonamiento y resolución de problemas.
METAANÁLISIS	Proceso mediante el cual se analizan los datos obtenidos en diferentes estudios realizados sobre el mismo tema, de manera que los resultados obtenidos tienen mayor rigor y fuerza estadística, puesto que el número de datos analizados es mayor.
MIELINA	Proteína lipídica que envuelve los axones de las neuronas para que la transmisión nerviosa sea más rápida y eficaz.
MIELINIZACIÓN	Proceso madurativo mediante el cual los

	oligodendrocitos (células gliales) recubren los axones de las neuronas de mielina para hacer que la transmisión nerviosa sea más rápida y eficaz.
MINDFULNESS	Técnica de meditación o relajación que se base en centrar la atención en el momento presente.
NEUROCIENCIAS	Conjunto de disciplinas científicas que estudian las bases biológicas de la conducta y la cognición, es decir, el SNC.
NEURODESARROLLO	Proceso y mecanismos a través de los cuales madura y se organiza el SNC.
NEUROGÉNESIS	Proceso por el cual se generan nuevas neuronas a partir de células madre y células progenitoras.
NEUROIMAGEN	Técnicas que permiten ver imágenes en vivo del sistema nervioso central en general y del cerebro en particular tanto a nivel estructural como funcional.
NEUROMITO	Creencia errónea muy extendida acerca del funcionamiento del cerebro que se debe, habitualmente, a una visión reduccionista y simplificada de su funcionamiento o a la manipulación y tergiversación de algún dato científico real.
NEURONA	Célula del SNC especializada en recibir y transmitir información a través de impulsos eléctricos y moléculas químicas (neurotransmisores).

NEURONAS ESPEJO	Células nerviosas localizadas en regiones del lóbulo frontal y del lóbulo parietal de la corteza cerebral que se activan cuando una persona observa una acción ajena. Se relacionan con las bases neurales de la capacidad de empatía.
NEUROTOXICIDAD	Daño en el cerebro o en el sistema nervioso periférico por muerte neuronal o pérdida de conexiones causadas por la exposición a sustancias tóxicas naturales o artificiales.
NEUROTRANSMISOR	Molécula química que permite la comunicación de información entre neuronas a través de la sinapsis.
PERÍODO SENSIBLE	Períodos madurativos que consisten en ventanas temporales de oportunidad y vulnerabilidad en las que el cerebro es más sensible a un tipo determinado de estimulación.
PLASTICIDAD	Capacidad innata de nuestro SNC que permite modificarse y cambiarse a sí mismo (cambios funcionales y estructurales) en función de las demandas del entorno.
PODA NEURAL	Proceso y mecanismo genéticamente programado a través del cual el SNC selecciona aquellas conexiones neurales que son más útiles para su adaptación al entorno, puesto que han sido estimuladas.
PSICOESTIMULANTE	Moléculas encontradas en diferentes especies vegetales que si son consumidas tienen un efecto activador en el organismo, aumentando el estado de alerta y de atención. También pueden ser estimulantes sintéticos.

PSICOLOGÍA	Disciplina científica que estudia la conducta y los procesos mentales.
SINAPTOGÉNESIS	Proceso a través del cual se crean las sinapsis y las conexiones entre las neuronas que van a permitir la transmisión de la información nerviosa.
SISTEMA NERVIOSO CENTRAL (SNC)	Red interdependiente e interconectada de células (neuronas) especializadas en recibir y transmitir información, constituida por el encéfalo (cerebro, tronco encefálico y cerebelo) y la médula espinal.
SUBCORTICAL	Se refiere a las estructuras cerebrales que están situadas por debajo de la corteza cerebral.
TEORÍA DE LA MENTE	Capacidad de atribuir, comprender y anticipar el comportamiento y las intenciones de otras personas.
TRASTORNO DE ESPECTRO AUTISTA (TEA)	Trastorno del neurodesarrollo caracterizado por dificultades en la comunicación e interacción social en diversos contextos; patrones restrictivos y repetitivos de comportamiento, intereses o actividades, y dificultades psicomotrices.
TRASTORNO POR DÉFICIT DE ATENCIÓN E HIPERACTIVIDAD (TDAH)	Trastorno del neurodesarrollo caracterizado por dificultades atencionales o impulsividad (cognitiva y conductual) y exceso de actividad motriz.
VÍNCULO DE APEGO	Vínculo emocional que se establece entre el bebé y su cuidador o cuidadora principal que

proporciona la seguridad emocional necesaria para su correcto desarrollo y que depende de la respuesta afectuosa y sensible del cuidador a sus necesidades.

Referencias bibliográficas

- ABEL, J.L.; RISSMAN, E.F. (2013): «Running-induced epigenetic and gene expression changes in the adolescent brain». *International Journal of Developmental Neuroscience: The Official Journal of the International Society for Developmental Neuroscience*, vol. 31(6), pp. 382-390.
- ACKERMAN, S. (1992): *Discovering the Brain*. Washington. National Academies Press.
- ADOLPHUS, K., y otros (2016): «The effects of breakfast and breakfast composition on cognition in children and adolescents: a systematic review». *Advances in Nutrition: An International Review Journal*, vol. 7(3), pp. 590S-612S.
- (2017): «Methodological Challenges in Studies Examining the Effects of Breakfast on Cognitive Performance and Appetite in Children and Adolescents». *Advances in Nutrition*, vol. 8(1), pp. 184S-196S.
- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION (2014): *DSM-5: Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales*. 5.^a ed. Madrid. Editorial Médica Panamericana.
- ANDERSON, L.W.; KRATHWOHL, D.R. (eds.) (2001): *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Boston. Allyn and Bacon.
- BARON-COHEN, S. (1997): «How to build a baby that can read minds: Cognitive mechanisms in mindreading». *Cahiers de Psychologie Cognitive/Current Psychology of Cognition*, vol. 13(5), pp. 513-552.
- BARON-COHEN, S.; LESLIE, A.M.; FRITH, U. (1985): «Does the autistic child have a 'theory of mind'?». *Cognition*, núm. 21, pp. 37-46.
- BECHARA, A.; DAMASIO, H.; DAMASIO, A.R. (2003): «Role of the amygdala in decision-making». *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 985(1), pp. 356-369.
- BECKETT, C., y otros (2006): «Do the effects of early severe deprivation on cognition persist into early adolescence? Findings from the English and Romanian adoptees study». *Child Dev*, vol. 77(3), pp. 696-711.
- BEDREGAL, P., y otros (2010): «Aportes de la epigenética en la comprensión del desarrollo del ser humano». *Revista Médica de Chile*, vol. 138(3), pp. 366-372.
- BELL, A.C.; DYMENT, J.E. (2008): «Grounds for health: the intersection of green school grounds and health-promoting schools». *Environmental Education Research*, vol. 14(1), pp. 77-90.
- BENTON, D., PARKER, P.Y. (1998): «Breakfast, blood glucose, and cognition». *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 67(4), pp. 772S-778S.
- BENNETT, E.L., y otros (1964): «Chemical and anatomical plasticity brain». *Science*, vol. 146(3644), pp. 610-619.
- BERKEY, C.S., y otros (2005): «Milk, Dairy Fat, Dietary Calcium, and Weight Gain A Longitudinal Study of Adolescents». *Arch Pediatr Adolesc Med*, vol. 159(6), pp. 543-550.
- BERMAN, M. G.; JONIDES, J.; KAPLAN, S. (2008): «The cognitive benefits of interacting with nature». *Psychological Science*, vol. 19(12), pp. 1207-1212.
- BIALYSTOK, E. (2004): «Bilingualism, Aging, and Cognitive Control: Evidence From the Simon Task». *Psychology and Aging*, vol. 19(2), pp. 290-303.
- BLAKEMORE, S.J.; FRITH, U. (2007): *Cómo aprende el cerebro. Las claves para la educación*. Barcelona. Ariel.
- BURDETTE, H.L.; WHITAKER, R.C. (2005): «Resurrecting free play in young children: looking beyond fitness and fatness to attention, affiliation, and affect». *Archives of*

- Pediatrics & Adolescent Medicine*, vol. 159(1), pp. 46-50.
- BLOOM, B.S. (ed.) (1956): *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals*. Philadelphia, PA. David McKay Company, pp. 201-207.
- BLUTH, K., y otros (2016): «A school-based mindfulness pilot study for ethnically diverse at-risk adolescents». *Mindfulness*, vol. 7(1), pp. 90-104.
- BRUGAROLAS, I. (2016): «Espacios neuroeducativos». *Aula de Infantil*, núm. 85, pp. 23-24.
- CARBALLO, A. (2016): «Neuroeducación: de la neurociencia al aula». *Aula de Infantil*, núm. 85, pp. 11-14.
- CARBALLO-MÁRQUEZ, A., y otros (2017): «Favoreciendo mentes curiosas a través del trabajo por proyectos». *Harvard Deusto Learning & Pedagogics*, núm. 11, pp. 22-29.
- CARLSON, M.; EARLS, F. (1997): «Psychological and neuroendocrinological sequelae of early social deprivation in institutionalized children in Romania». *Ann N Y Acad Sci*, vol. 15(807), pp. 419-428.
- CENTER ON THE DEVELOPING CHILD AT HARVARD UNIVERSITY (2012): *The Science of Neglect: The Persistent Absence of Responsive Care Disrupts the Developing Brain* [en línea]. www.developingchild.harvard.edu [Consulta: marzo 2018].
- CHADDOCK, L., y otros (2011): «Aerobic fitness and executive control of relational memory in preadolescent children». *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol. 43(2), pp. 344-349.
- (2013): «The effects of physical activity on functional MRI activation associated with cognitive control in children: a randomized controlled intervention». *Frontiers in Human Neuroscience*, núm. 7, p. 72.
- CHEIN, J., y otros. (2011): «Peers increase adolescent risk taking by enhancing activity in the brain's reward circuitry». *Developmental Science*, vol. 14(2), pp. F1-F10.
- CHERYAN, S. y otros (2014): «Designing classrooms to maximize student achievement». *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, vol. 1(1), pp. 4-12.
- COLLADO, S.; STAATS, H.; CORRALIZA, J.A. (2013): «Experiencing nature in children's summer camps: Affective, cognitive and behavioural consequences». *Journal of Environmental Psychology*, núm. 33, pp. 37-44.
- CORDER, K., y otros (2011): «Breakfast consumption and physical activity in British adolescents». *British Journal of Nutrition*, vol. 105(2), pp. 316-321.
- COREL, J.L. (1975): *The postnatal development of the human cerebral cortex*. Cambridge, MA. Harvard University Press.
- DAMASIO, A.R. (1994): *El error de Descartes: la razón de las emociones*. Barcelona. Andrés Bello.
- DAMASIO, H., y otros (1994): «The return of Phineas Gage: clues about the brain from the skull of a famous patient». *Science*, 264(5162), pp. 1102-1105.
- DANESE, A., y otros (2009): «Adverse childhood experiences and adult risk factors for age-related disease: depression, inflammation, and clustering of metabolic risk markers». *Arch Pediatr Adolesc Med*, vol. 163(12), pp. 1135-1143.
- DARWIN, C. (1872): *The expression of emotion in animals and man*. Londres. Methuen. — (1877): «A biographical sketch of an infant». *Mind*, núm. 2, pp. 285-294.
- DAUNCEY, M.J. (2009): «New insights into nutrition and cognitive neuroscience». *Proceedings of the Nutrition Society*, vol. 68(4), pp. 408-415.
- DAVIDSON, R.J.; BEGLEY, S. (2012): *El perfil emocional de tu cerebro*. Barcelona. Destino.
- DAVIDSON, R.J., y otros (2003): «Alterations in brain and immune function produced by mindfulness meditation». *Psychosomatic Medicine*, núm. 65, pp. 564-570.

- DE BONO, E. (1994): «Creativity and quality». *Quality Management in Health Care*, vol. 2(3), pp. 1-4.
- DEKKER, S., y otros (2012): «Neuromyths in education: Prevalence and predictors of misconceptions among teachers». *Front. Psychology*, núm. 3, p. 429.
- DELORS, J. (1996): *La educación encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI*. Madrid. Santillana/UNESCO.
- DESHMUKH-TASKAR, P.R., y otros (2010): «The relationship of breakfast skipping and type of breakfast consumption with nutrient intake and weight status in children and adolescents: the National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2006». *Journal of the American Dietetic Association*, vol. 110(6), pp. 869-878.
- DESBORDES, G., y otros (2012): «Effects of mindful-attention and compassion meditation training on amygdala response to emotional stimuli in an ordinary, non-meditative state». *Frontiers in Human Neuroscience*, núm. 6, p. 292.
- DIAMOND, A. (2012): «Activities and Programs That Improve Children's Executive Functions». *Curr Dir Psychol Sci*, vol. 21(5), pp. 335-341.
- (2014): «Executive functions». *Annu Rev Psychol*, núm. 64, pp. 135-168.
- DIAMOND, A.; LEE, K. (2011): «Interventions and programs demonstrated to aid executive function development in children 4-12 years of age». *Science*, núm. 333, pp. 959-964.
- DIAMOND, A.; LING, D.S. (2016): «Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not». *Dev Cogn Neurosci*, núm. 18, pp. 34-48.
- DIAMOND, A., y otros (2007a): «Preschool program improves cognitive control». *Science*, núm. 318, pp. 1387-1388.
- DIAMOND, A., y otros (2007b): «The temporal dynamics model of emotional memory processing: a synthesis on the neurobiological basis of stress-induced amnesia, flashbulb and traumatic memories, and the Yerkes-Dodson law». *Neural Plasticity*, 2007.
- DOMÈNECH, J. (2009): *Elogio de la educación lenta*. Barcelona. Graó.
- DUBUC, B. (2002): *The evolutionary layers of the Human Brain* [en línea]. <http://thebrain.mcgill.ca> [Consulta: marzo 2018].
- DUDLEY, K.J., y otros (2011): «Epigenetic mechanisms mediating vulnerability and resilience to psychiatric disorders». *Neurosci Biobehav Rev*, vol. 35(7), pp. 1544-1551.
- DURANTE, D.; DUNSON D.B. (2018): «Bayesian Inference and Testing of Group Differences in Brain Networks». *Bayesian Analysis*, vol. 13(1), pp. 29-58.
- DYMENT, J.E.; BELL, A.C. (2007): «Active by design: Promoting physical activity through school ground greening». *Children's Geographies*, vol. 5(4), pp. 463-477.
- EDWARDS, L.; TORCELLINI, P. (2002): *A literature review of the effects of natural light on building occupants*. Golden, CO. National Renewable Energy Laboratory.
- ERK, S., y otros (2003): «Emotional context modulates subsequent memory effect». *Neuroimage*, vol. 18(2), pp. 439-447.
- ERNST, M. (2014): «The triadic model perspective for the study of adolescent motivated behavior». *Brain Cogn*, núm. 89, pp. 104-111.
- FABER-TAYLOR, A.; KUO, F.E.M. (2011): «Could exposure to everyday green spaces help treat ADHD? Evidence from children's play settings». *Applied Psychology: Health and Well-Being*, vol. 3(3), pp. 281-303.
- FABER-TAYLOR, A.F.; KUO, F.E.; SULLIVAN, W.C. (2001): «Coping with ADD: The surprising connection to green play settings». *Environment and Behavior*, vol. 33(1), pp. 54-77.
- FAN, S.P., y otros (2015): «The exposure advantage: Early exposure to a multilingual environment promotes effective communication». *Psychological Science*, vol. 26(7), pp.

1090-1097.

- FERJAN-RAMÍREZ, N., y otros (2017): «Speech discrimination in 11-month-old bilingual and monolingual infants: a magnetoencephalography study». *Dev Sci*, vol. 20(1), e12427.
- FLOOK, L., y otros (2015): «Promoting prosocial behavior and self-regulatory skills in preschool children through a mindfulness-based kindness curriculum». *Developmental Psychology*, vol. 51(1), p. 44.
- FRANKLIN, T.B., y otros (2010): «Epigenetic transmission of the impact of early stress across generations». *Biol Psychiatry*, vol. 68(5), pp. 408-415.
- FREEMAN, S., y otros (2014): «Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics». *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111(23), pp. 8410-8415.
- GALLANT, S.N. (2016): «Mindfulness meditation practice and executive functioning: Breaking down the benefit». *Consciousness and Cognition*, núm. 40, pp. 116-130.
- GERBAULT, P., y otros (2011): «Evolution of lactase persistence: an example of human niche construction». *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 366(1566), pp. 863-877.
- GOLEMAN, D.P. (1995): *Emotional intelligence: Why it can matter more than IQ for character, health and lifelong achievement*. Nueva York. Bantam Books.
- GÓMEZ-PINILLA, F. (2008): «Brain foods: the effects of nutrients on brain function». *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 9(7), pp. 568-578.
- (2011): «Collaborative effects of diet and exercise on cognitive enhancement». *Nutrition and Health*, vol. 20(3-4), pp. 165-169.
- GOOD, T.L. (1987): «Two decades of research on teacher expectations: Findings and future directions». *Journal of Teacher Education*, vol. 38(4), pp. 32-47.
- GOULD, S.J. (2010): *Desde Darwin: Reflexiones sobre historia natural*. Barcelona. Crítica.
- HAVERINEN-SHAUGHNESSY, U.; SHAUGHNESSY, R.J. (2015): «Effects of Classroom Ventilation Rate and Temperature on Students' Test Scores». *Public Library of Science*, vol. 10(8), e0136165.
- HEBEISEN, D.F., y otros (1993): «Increased concentrations of omega-3 fatty acids in milk and platelet rich plasma of grass-fed cows». *Int J Vitam Nutr Res*, vol. 63(3), pp. 229-233.
- HILLMAN, C.H., y otros (2014): «Effects of the FITKids randomized controlled trial on executive control and brain function». *Pediatrics*, vol. 134(4), pp. 1063-1071.
- HÖLZEL, B.K., y otros (2011): «Mindfulness practice leads to increases in regional brain gray matter density». *Psychiatry Research: Neuroimaging*, vol. 191(1), pp. 36-43.
- HOOGMAN, M., y otros (2017): «Subcortical brain volume differences in participants with attention deficit hyperactivity disorder in children and adults: a cross-sectional mega-analysis». *Lancet Psychiatry*, vol. 4(4), pp. 310-319.
- HOWARD-JONES, P. (2011): *Investigación neuroeducativa. Neurociencia, educación y cerebro: de los contextos a la práctica*. Madrid. La Muralla.
- (2014): «Neuroscience and education: myths and messages». *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 15(12), pp. 817-824.
- HUANG, X.F., y otros (2004): «Role of fat amount and type in ameliorating diet-induced obesity: insights at the level of hypothalamic arcuate nucleus leptin receptor, neuropeptide Y and pro-opiomelanocortin mRNA expression». *Diabetes Obes Metab*, vol. 6(1), pp. 35-44.
- HUNSBERGER, B.; CAVANAGH, B. (1988): «Physical attractiveness and children's expectations of potential teachers». *Psychology in the Schools*, vol. 25(1), pp. 70-74.

- HUNTER, M.D., y otros (2010): «The state of tranquility: Subjective perception is shaped by contextual modulation of auditory connectivity». *Neuroimage*, vol. 53(2), pp. 611-618.
- HUOT R.L., y otros (2004): «Foster litters prevent hypothalamic-pituitary-adrenal axis sensitization mediated by neonatal maternal separation». *Psychoneuroendocrinology*, núm. 29, pp. 279-289.
- JAMES, W. (1884): «What is an emotion?». *Mind*, vol. 9(34), pp. 188-205.
- JENSEN, E. (2010): *Cerebro y aprendizaje. Competencias e implicaciones educativas*. Madrid. Narcea.
- KABAT-ZINN, J. (1990). Full catastrophe living: The program of the stress reduction clinic at the University of Massachusetts Medical Center.
- (2013): *La práctica de la atención plena*. Barcelona. Kairós.
- KALIMAN, P. AGUILAR, M. (2014): *Cocina para tu mente*. Barcelona. Blume.
- KARR, J.E.; ALEXANDER, J.E.; WINNINGHAM, R.G. (2011): «Omega-3 polyunsaturated fatty acids and cognition throughout the lifespan: a review». *Nutritional Neuroscience*, vol. 14(5), pp. 216-225.
- KHAN, N.A., y otros (2015): «The relationship between total water intake and cognitive control among prepubertal children». *Annals of Nutrition and Metabolism*, vol. 66(3), pp. 38-41.
- KATARE, R.G., y otros (2009): «Chronic intermittent fasting improves the survival following large myocardial ischemia by activation of BDNF/VEGF/PI3K signaling pathway». *J Mol Cell Cardiol*, vol. 46(3), pp. 405-412.
- KENNEDY, D.O. (2016): «B vitamins and the brain: mechanisms, dose and efficacy – A review». *Nutrients*, vol. 8(2), p. 68.
- KIM, S.Y., y otros (2016): «Dietary habits are associated with school performance in adolescents». *Medicine*, vol. 95(12).
- KINOSHITA, H. (1997): «Run for Your Brain's Life». *Brain Work*, vol. 7(1), p. 8.
- KLUCHAREV, V., y otros (2009): «Reinforcement learning signal predicts social conformity». *Neuron*, vol. 61(1), pp. 140-151.
- KNOLL, L.J., y otros (2015): «Social Influence on Risk Perception During Adolescence». *Psychological Science*, vol. 26(5), pp. 583-592.
- KNOPIK, V.S., y otros (2012): «The Epigenetics of Maternal Cigarette Smoking During Pregnancy and Effects on Child Development». *Development and Psychopathology*, vol. 24(4), pp. 1377-1390.
- KOCH, S.; WALICZEK, T.M.; ZAJICEK, J.M. (2006): «The effect of a summer garden program on the nutritional knowledge, attitudes, and behaviors of children». *HortTechnology*, vol. 16(4), pp. 620-625.
- KUHL, P.K. (2010): «Brain Mechanisms in Early Language Acquisition». *Neuron*, vol. 67(5), pp. 713-727.
- KUHL, P.K.; TSAO, F.M.; LIU, H.M. (2003): «Foreign-language experience in infancy: Effects of short-term exposure and social interaction on phonetic learning». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 100(15), pp. 9096–9101.
- LABAR, K.S.; CABEZA, R. (2006): «Cognitive neuroscience of emotional memory». *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 7(1), pp. 54-64.
- LEDOUX, J. (1999): *El cerebro emocional*. Barcelona. Planeta.
- LEHTO, J.E., y otros (2003): «Dimensions of executive functioning: evidence from children». *Br J Dev Psychol*, núm. 21, pp. 59-80.
- LEISMAN, G.; MUALEM, R.; MUGHRABI, S.K. (2015): «The neurological development of the child with the educational enrichment in mind». *Psicología Educativa*, vol. 21(2), pp. 79-96.

- «Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE)». *Boletín Oficial del Estado* (4 mayo 2006), núm. 106, pp. 17158-17207.
- LEZAK, M. (1983): *Neuropsychological assessment*. Nueva York. Oxford University Press.
- LI, L.; WANG, Z.; ZUO, Z. (2013): «Chronic intermittent fasting improves cognitive functions and brain structures in mice». *PLoS One*, vol. 8(6), e66069.
- LÓPEZ-GONZÁLEZ, L. (2013): «Programa TREVA (Técnicas de Relajación Vivencial Aplicadas al Aula: aplicaciones, eficacia y acciones formativas)». *ISEP*, núm. 4, pp. 26-32.
- LUQUE-CASADO, A., y otros (2016): «Heart rate variability and cognitive processing: The autonomic response to task demands». *Biological psychology*, núm. 113, pp. 83-90.
- MAAS, J., y otros (2009): «Morbidity is related to a green living environment». *Journal of Epidemiology & Community Health*, vol. 63(12), pp. 967-973.
- MAGUIRE, E.A.; WOOLLETT, K.; SPIERS, H.J. (2006): «London taxi drivers and bus drivers: a structural MRI and neuropsychological analysis». *Hippocampus*, vol. 16(12), pp. 1091-1101.
- MALLER, C.J. (2009): «Promoting children's mental, emotional and social health through contact with nature: a model». *Health Education*, vol. 109(6), pp. 522-543.
- MATHERS, J.C. (2013): «Nutrition and ageing: knowledge, gaps and research priorities». *Proceedings of the Nutrition Society*, vol. 72(2), pp. 246-250.
- MATTSON, M.P.; LONGO, V.D.; HARVIE, M. (2017): «Impact of intermittent fasting on health and disease processes». *Ageing Res Rev*, núm. 39, pp. 46-58.
- MCCABE, D.P.; CASTEL, A.D. (2008): «Seeing is believing: the effect of brain images on judgments of scientific reasoning». *Cognition*, vol. 107(1), pp. 343-352.
- McEWEN, B.S. (2005): «Stressed or stressed out: what is the difference?». *J Psychiatry Neuroscience*, vol. 30(5), pp. 315-318.
- MERTON, R.K. (1948): «The Self-Fulfilling Prophecy». *The Antioch Review*, vol. 8(2), pp. 193-210.
- MESULAM, M.M. (2002): «The human frontal lobes: Transcending the default mode through contingent encoding», en STUSS, D.; KNIGHT, R. (eds.): *Principles of frontal lobe function*. Nueva York. Oxford University Press, pp. 8-30.
- MIERAU, A. y otros (2014): «Acute exercise induces cortical inhibition and reduces arousal in response to visual stimulation in young children». *International Journal of Developmental Neuroscience: The Official Journal of the International Society for Developmental Neuroscience*, núm. 34, pp. 1-8.
- MIYAKE, A., y otros (2000): «The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: a latent variable analysis». *Cogn Psychol*, núm. 41, pp. 49-100.
- MORA, F. (2013): *Neuroeducación*. Madrid. Alianza.
- MORGADO, I. (2010): *Emociones e inteligencia social. Las claves para una alianza entre los sentimientos y la razón*. Barcelona. Ariel.
- (2012): *Cómo percibimos el mundo. Una exploración de la mente y los sentidos*. Barcelona. Ariel.
- (2014): *Aprender, recordar y olvidar. Claves cerebrales de la memoria y la educación*. Barcelona. Ariel.
- MORRIS, J.L.; ZIDENBERG-CHERR, S. (2002): «Garden-enhanced nutrition curriculum improves fourth-grade school children's knowledge of nutrition and preferences for some vegetables». *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, vol. 102(1), p. 91.
- MYERS, D.G. (2006): *Psychology*. 9.^a ed. Nueva York. Worth Publishers.
- NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH (2007): *MRI scans of human brain development scans taken at 1wk, 3mos, 1yr, 2yrs, 10yrs. Coronal view T1W* [en línea .].

www.pediatricmri.nih.gov/nihpd/info/image_gallery.html [Consulta: marzo 2018].

- NATIONAL SCIENTIFIC COUNCIL ON THE DEVELOPING CHILD (2010): *Persistent Fear and Anxiety Can Affect Young Children's Learning and Development. Working Paper No. 9* [en línea]. www.developingchild.harvard.edu [Consulta: marzo 2018].
- NOBLE, K.G., y otros (2015): «Family income, parental education and brain structure in children and adolescents». *Nature neuroscience*, vol. 18(5), pp. 773-778.
- O'CONNOR, T.G., y otros (2000): «The effects of global severe privation on cognitive competence: extension and longitudinal follow-up». *Child Development*, núm. 72, pp. 376-390.
- ORNSTEIN, R.; SOBEL, D. (1987): *The Healing Brain and How It Keeps Us Healthy*. Nueva York. Simon and Schuster.
- PAPA, M. y otros (1995): «Morphological Analysis of Dendritic Spine Development in Primary Cultures of Hippocampal Neurons». *The Journal of Neuroscience*, núm. 15 (I), pp. 1-11.
- PAPALE, P., y otros (2016): «When Neuroscience "Touches" Architecture: From Hapticity to a Supramodal Functioning of the Human Brain». *Frontiers in Psychology*, núm. 7, p. 866.
- PARKER-JONES, O., y otros (2012): «Where, when and why brain activation differs for bilinguals and monolinguals during picture naming and reading aloud». *Cereb Cortex*, vol. 22(4), pp. 892-902.
- PARRISH, D. y otros (2005): *Effects of outdoor education programs for children in California*. American Institute for Research [en línea]. www.sierraclub.org
- PAUS, T.; KESHAVAN, M.; GIEDD, J.N. (2008): «Why do many psychiatric disorders emerge during adolescence?». *Nat Rev Neurosci*, vol. 9(12), pp. 947-957.
- PERANI, D.; ABUTALEBI, J. (2015): «Bilingualism, dementia, cognitive and neural reserve». *Curr Opin Neurol*, vol. 28(6), pp. 618-625.
- PÉREZ CARBONELL, A.; RAMOS, G.; LÓPEZ GONZÁLEZ, E. (2009): «Diseño y análisis de una escala para la valoración de la variable clima social aula en alumnos de Educación Primaria y Secundaria». *Revista de Educación*, núm. 350, pp. 221-252.
- PERRY, B.D.; POLLARD, D. (1997): «Altered brain development following global neglect in early childhood». *Society for Neuroscience: Proceedings from Annual Meeting*, New Orleans, Louisiana (16-21 noviembre).
- PORTERO, M. (2016): «Desarrollo del cerebro y riesgos de la sobreestimulación en la infancia». *Aula de Infantil*, núm. 85, pp. 25-26.
- POSNER, M.I. (1980): «Orienting of attention». *Q. J. Exp. Psychol*, núm. 32, pp. 3-25.
- POSNER, M.I.; ROTHBART, M.K. (2007): «Research on attention networks as a model for the integration of psychological science». *Annu Rev Psychol*, núm. 58, pp. 1-23.
- PREMACK, D.; WOODRUFF, G. (1978): «Does the chimpanzee have a theory of mind?». *Behavioral and Brain Sciences*, vol. 1(4), pp. 515-526.
- PUJOLÀS, P. (2004): *Aprender juntos, alumnos diferentes. Los equipos de aprendizaje cooperativo en el aula*. Barcelona. Octaedro.
- PUJOLÀS, P.; LAGO, J.R. (2007): «La organización cooperativa de la actividad en el aula», en BONALS, J.; SÁNCHEZ-CANO, M. (coords.): *Manual de asesoramiento psicopedagógico*. Barcelona. Graó, pp. 349-391.
- RÄIKKÖNEN, K., y otros (2004): «Sweet babies: chocolate consumption during pregnancy and infant temperament at six months». *Early Human Development*, vol. 76(2), pp. 139-145.
- RATHOD, R.; KALE, A.; JOSHI, S. (2016): «Novel insights into the effect of vitamin B-12 and omega-3 fatty acids on brain function». *Journal of Biomedical Science*, núm. 23, pp. 1-17.

- «Real Decreto 2/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas de segundo ciclo de Educación Infantil». *Boletín Oficial del Estado* (4 enero 2007), núm. 4, pp. 474-482.
- RESTAK, R. (2003): *The new brain: How the modern age is rewiring your mind*. Nueva York. Rodale Books.
- RIZZOLATTI, G., y otros (1996): «Premotor cortex and the recognition of motor actions». *Cognitive Brain Research*, vol. 3(2), pp. 131-41.
- ROSENBERG, K.; TREVATHAN, W. (2002): «Birth, obstetrics and human evolution». *BJOG: An International Journal of Obstetrics and Gynaecology*, núm. 109, pp. 1199-1206.
- ROSENTHAL, R.; JACOBSON, L. (1968): *Pygmalion in the classroom: teacher expectation and pupils' intellectual development*. Nueva York. Holt, Rinehart and Winston.
- SALOVEY, P.; MAYER, J.D. (1990): «Emotional intelligence». *Imagination, cognition and personality*, vol. 9(3), pp. 185-211.
- SAMEROFF, A. (2010): «A unified theory of development: a dialectic integration of nature and nurture». *Child Dev*, vol. 81(1), pp. 6-22.
- SANMARTÍ, N. (2010): «Aprender a evaluarse: motor de todo aprendizaje». *Aula de Innovación Educativa*, núm. 192, pp. 26-29.
- SANMARTÍ, N.; MÁRQUEZ, C. (2012): «Enseñar a plantear preguntas investigables». *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 70, pp. 27-36.
- SARACHO, O.N.; SPODEK, B. (2013): *Handbook of Research on the Education of Young Children*. 3.^a ed. Nueva York. Routledge.
- SCHONERT-REICHL, K.A., y otros (2015): «Enhancing cognitive and social-emotional development through a simple-to-administer mindfulness-based school program for elementary school children: A randomized controlled trial». *Developmental psychology*, vol. 51(1), p. 52.
- SEBASTIAN, C., y otros (2010): «Social brain development and the affective consequences of ostracism in adolescence». *Brain Cogn*, vol. 72(1), pp. 134-145.
- SELIGMAN, M.E. (1972): «Learned helplessness». *Annual review of medicine*, vol. 23(1), pp. 407-412.
- SHERWIN, J.C. y otros (2012): «The association between time spent outdoors and myopia in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis». *Ophthalmology*, núm. 119(10), pp. 2141-2151.
- SCHORE, A.N. (2000): «Attachment and the regulation of the right brain». *Attach Hum Dev*, vol. 2(1), pp. 23-47.
- SHONKOFF, J.P., y otros (2012): «The lifelong effects of early childhood adversity and toxic stress». *Pediatrics*, vol. 129(1), pp. 232-246.
- SKINNER, M. (2014): «Un nuevo tipo de herencia». *Investigación y Ciencia*, núm. 457, pp. 24-31.
- SMIT, L.A.; BAYLIN, A.; CAMPOS, H. (2010): «Conjugated linoleic acid in adipose tissue and risk of myocardial infarction». *Am J Clin Nutr*, vol. 92(1), pp. 34-40.
- SOWELL, E.R., y otros (2003): «Mapping cortical change across the human life span». *Nature Neuroscience*, vol. 6(3), pp. 309-315.
- SPENCER, J.P.E. (2008): «Food for thought: the role of dietary flavonoids in enhancing human memory, learning and neuro-cognitive performance». *The Proceedings of the Nutrition Society*, vol. 67(2), pp. 238-252.
- TALAMINI, F. y otros (2017): «Musicians have better memory than nonmusicians: A meta-analysis». *PLOS ONE*, vol. 13(1), e0186773.
- TANNER, C.K. (2009): «Effects of school design on student outcomes». *Journal of Educational Administration*, vol. 47(3), pp. 381-399.

- TELZER, E.H.; ICHIEN, N.T.; QU, Y. (2015): «Mothers know best: redirecting adolescent reward sensitivity toward safe behavior during risk taking». *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, vol. 10(10), pp. 1383-1391.
- TEMPLE, J.L. (2009): «Caffeine use in children: what we know, what we have left to learn, and why we should worry». *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, vol. 33(6), pp. 793-806.
- THOMPSON, R.A.; NELSON, C.A. (2001): «Developmental science and the media. Early brain development». *Am Psychol*, vol. 56(1), pp. 5-15.
- TOKUHAMA-ESPINOSA, T. (2011): *Mind, Brain, and Education Science: A comprehensive guide to the new brain-based teaching*. Nueva York. W.W. Norton.
- TOTTENHAM, N., y otros (2010): «Prolonged institutional rearing is associated with atypically large amygdala volume and difficulties in emotion regulation». *Dev Sci*, vol. 13(1), pp. 46-61.
- TURAKITWANAKAN, W.; MEKSEEPRALARD, C.; BUSARAKUMTRAGUL, P. (2013): «Effects of mindfulness meditation on serum cortisol of medical students». *J Med Assoc Thai*, núm. 96, pp. 90-95.
- TREVIÑO, S., y otros (2015): «A high calorie diet causes memory loss, metabolic syndrome and oxidative stress into hippocampus and temporal cortex of rats». *Synapse*, vol. 69(9), pp. 421-433.
- TZOULAS, K., y otros (2007): «Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review». *Landscape and Urban Planning*, vol. 81(3), pp. 167-178.
- VALLADOLID-ACEBES, I., y otros (2012): «High-fat diets induce changes in hippocampal glutamate metabolism and neurotransmission». *Am J Physiol Endocrinol Metab*, vol. 302(4), pp. 396-402.
- VAN HOORN, J., y otros (2016): «Neural correlates of prosocial peer influence on public goods game donations during adolescence». *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, vol. 11(6), pp. 923-933.
- WABER, D.P., y otros (2014): «Impaired IQ and academic skills in adults who experienced moderate to severe infantile malnutrition: a 40-year study». *Nutritional neuroscience*, vol. 17(2), pp. 58-64.
- WARNEKEN, F.; TOMASELLO, M. (2008): Extrinsic rewards undermine altruistic tendencies in 20-month-olds. *Developmental Psychology*, vol. 44(6), p. 1785.
- WARNEKEN, F., y otros (2007): «Spontaneous altruism by chimpanzees and young children». *PLOS Biology*, vol. 5(7), e184.
- WEAVER, I.C.G., y otros (2004): «Epigenetic programming by maternal behaviour». *Nature Neuroscience*, vol. 7(8), pp. 847-854.
- WEISBERG, D.S., y otros (2008): «The Seductive Allure of Neuroscience Explanations». *J Cogn Neurosci*, vol. 20(3), pp. 470-477.
- WELLS, N.M. (2000): «At home with nature: Effects of "greenness" on children's cognitive functioning». *Environment and Behavior*, vol. 32(6), pp. 775-795.
- WELLS, N.M.; EVANS, G.W. (2003): «Nearby nature: A buffer of life stress among rural children». *Environment and Behavior*, vol. 35(3), pp. 311-330.
- WERKER, J.F. (1989): «Becoming a native listener». *American Scientist*, núm. 77(1), p. 54.
- YERKES, R.M.; DODSON, J.D. (1908): «The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation». *Journal of Comparative Neurology*, vol. 18(5), pp. 459-482.
- ZINK, K.D.; LIEBERMAN, D.E. (2016): «Impact of meat and Lower Palaeolithic food processing techniques on chewing in humans». *Nature*, vol. 531(7595), pp. 500-503.
- ZUCCHI, F.C.R.; YAO, Y.; METZ, G.A. (2012): «The secret language of destiny: stress imprinting and transgenerational origins of disease». *Frontiers in Genetics*, núm. 3, p.

96.

ZURERA, G.; MORENO, R.; AMARO, M. (1994): «Effect of processing on contents and relationships of mineral elements of milk». *Food Chemistry*, vol. 51(1), pp. 75-78.