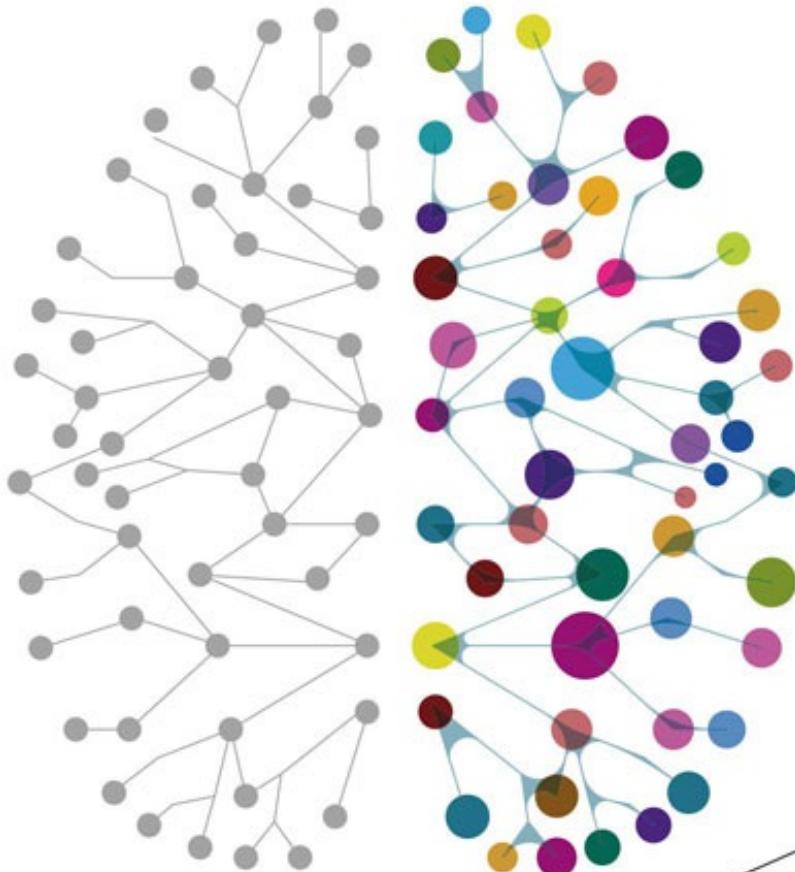


Neuromitos EN EDUCACIÓN

El aprendizaje desde la neurociencia

Anna Forés, José Ramón Gamo, Jesús C. Guillén,
Teresa Hernández, Marta Ligioiz,
Félix Pardo y Carme Trinidad



Plataforma
Actual

Los últimos hallazgos en neurología
y sus aplicaciones en el ámbito educativo

Neuromitos en educación

El aprendizaje desde
la neurociencia

**Anna Forés, José Ramón Gamo, Jesús C.
Guillén, Teresa Hernández, Marta Ligioiz, Félix
Pardo y Carme Trinidad**



Primera edición en esta colección: septiembre de 2015

© 2015, Anna Forés, José Ramón Gamo, Jesús C. Guillén, Teresa Hernández, Marta Ligioiz, Félix Pardo y Carme Trinidad

© de la presente edición: Plataforma Editorial, 2015

Plataforma Editorial

c/ Muntaner, 269, entlo. 1^a – 08021 Barcelona

Tel.: (+34) 93 494 79 99 – Fax: (+34) 93 419 23 14

www.plataformaeditorial.com

info@plataformaeditorial.com

Depósito legal: B. 22166-2015

ISBN: 978-84-16429-61-5

Adaptación de cubierta y composición:

Grafíme

Reservados todos los derechos. Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del *copyright*, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos. Si necesita fotocopiar o reproducir algún fragmento de esta obra, diríjase al editor o a CEDRO (www.cedro.org).

Índice

1.
 1. [Prólogo, de Pere Estupinyà](#)
 2. [Introducción, de Anna Forés](#)
2.
 1. [1. ¿Qué materias son las importantes?, por Jesús C. Guillén](#)
 2. [2. Aprender por todos los canales, por Jesús C. Guillén y Marta Ligioiz](#)
 3. [3. Rutinas y asombros. ¿Aprendemos solo de la novedad?, por Anna Forés y Teresa Hernández](#)
 4. [4. Dos hemisferios, dos mentes: ¿dos estilos de aprendizaje?, por Anna Forés](#)
 5. [5. Y ¿si Piaget se equivocara con las matemáticas?, por Jesús C. Guillén](#)
 6. [6. Más es menos. Cuantas más horas estamos en la escuela, ¿más aprendemos?, por Anna Forés y Carme Trinidad](#)
 7. [7. La educación, una cuestión muy seria. Una mirada hacia la dopamina, por Marta Ligioiz](#)
 8. [8. ¿Utilizamos solo el 10 % de nuestro cerebro?, por José Ramón Gamo y Carme Trinidad](#)
 9. [9. El sueño: una dulce necesidad cerebral, por Jesús C. Guillén](#)
 10. [10. El efecto Mozart, por Félix Pardo](#)
 11. [11. La gimnasia cerebral, por Jesús C. Guillén](#)
 12. [12. La imaginación, ¿elemento secundario en educación?, por Marta Ligioiz](#)
3.
 1. [Conclusiones, de Félix Pardo](#)

Prólogo |

El Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, por sus siglas en inglés) es una de las mejores universidades del mundo. Sin embargo, sus alumnos están dejando de asistir a las clases. ¿Por qué? Porque han encontrado formas más eficientes de optimizar su tiempo de estudio. El valor tradicional del aula se ha puesto en entredicho. Y los próximos capítulos de este libro explicarán que, también en educación, «menos es más».

Algunos de los alumnos del MIT prefieren aprovechar los maravillosos laboratorios y los grupos de investigación de la universidad para realizar proyectos en grupo. Pueden construir robots o pensar en cómo crear una empresa; el hecho es que apasionándose por un tema específico y trabajando en equipo hacia un objetivo concreto aprenderán más que escuchando de manera pasiva a un profesor. Además, ahora tienen otras maneras de acceder a la información académica. De hecho, ya hay profesores que han implantado el concepto de clases invertidas o *flipped classrooms*. El modelo convencional consistía en que el estudiante iba primero a clase a escuchar a un profesor y después hacía los ejercicios en casa. Pero la tecnología permite invertir este orden. El profesor puede grabar en vídeo sus clases y colgarlas en la página web de la asignatura; los alumnos pueden ver primero estos materiales en casa –en el horario que más les convenga y, si lo necesitan, haciendo pausas–, e ir luego a clase a discutir y a realizar los ejercicios en grupo. ¿Funciona? Contestar esta pregunta es uno de los principales objetivos del libro que tienes en las manos, pero, te adelanto, la respuesta es la ciencia.

Seguramente, entre quienes lean estas líneas habrá partidarios y detractores de las *flipped classrooms*. Pero intentemos no llamar a sus posturas «opiniones», sino hipótesis, y confiemos en los métodos científicos y no en los prejuicios para encontrar una respuesta. Varios profesores del MIT han evaluado, rigurosa y objetivamente, los resultados de sus estudiantes, y ven que a ellos sí les funciona esta modalidad de clases. ¿Es extrapolable a todos los entornos educativos? Es obvio que no, pero sí marca una tendencia, y no excluye que cada caso pueda analizarse más a fondo con un enfoque de «educación personalizada».

Dos semanas atrás, unos análisis de sangre revelaron que mi colesterol estaba cerca de superar el límite de lo normal. «¿Qué valores has tenido en el pasado?», me preguntó el médico en Washington. «Ni idea», respondí. Puesto que durante los últimos quince años he vivido en diferentes ciudades, mi historial clínico está repartido en carpetas abandonadas en diferentes consultas. Es absurdo –pensé–, ¿cómo es posible que en pleno

siglo XXI no tuviese acceso electrónico a mi historial clínico y al registro de mis hábitos de vida, con el fin de que cualquier médico o programa informático detectase tendencias en el tiempo, riesgos, y pudiese hacer recomendaciones a mi medida? Este planteamiento –acumular información para procesarla con herramientas de macrodatos–, cuyo fin es buscar una medicina más personalizada, puede aplicarse también en la escuela. Que los alumnos hagan sus ejercicios y sus exámenes en papeles que serán relegados al fondo de los armarios o se tirarán a la basura es desaprovechar información valiosísima sobre su evolución. Ya hay programas informáticos que analizan los ejercicios matemáticos hechos a través del ordenador, y con el tiempo son capaces de distinguir cuáles son las áreas más débiles de cada alumno y les ofrecen tareas adaptadas a sus necesidades. Se acabó la costumbre de dar la misma pastilla a todos los enfermos y de poner los mismos deberes a todos los alumnos. La tecnología ofrece diversas posibilidades en el ámbito educativo, y la ciencia, una manera de evaluarlas.

En el MIT recuerdo también a un neurocientífico que me mostró el vídeo de una neurona del hipocampo haciendo sinapsis. Me dijo: «Esto es un recuerdo». Quedé alucinado por la imagen; nunca olvidaré la sorpresa y la emoción que sentí al ver cómo se forma la memoria. De hecho, el investigador me explicó –como también lo hará para ti este libro– que la emoción lleva a que estos patrones sinápticos sean más fuertes y se dupliquen de manera más sólida en las áreas asociadas con la memoria a largo plazo. En los próximos capítulos verás todo lo que la neurociencia ha aportado a la comprensión de los procesos de aprendizaje y a la construcción de entornos y métodos educativos más eficientes. Qué lejano, anticuado y erróneo ha quedado aquello de que «la letra con sangre entra». Esta expresión debería ser sustituida por «la letra con dopamina entra».

De todos los consejos inteligentes sobre neuroeducación de este libro, varios han activado mis neuronas. Uno de ellos se refiere al horario de las clases de gimnasia. Cuando era estudiante me preguntaba si era mejor tenerlas al principio, a la mitad –para tener un tiempo de descanso– o al final –para no estar cansados el resto del día– de la jornada. Me sorprendía que no hubiese un consenso sobre algo tan fácil de modificar. En el primer capítulo de este libro ya se propone una solución sustentada en diversos análisis; en estos se observa cuándo hay un mayor flujo sanguíneo y mejores resultados tras el ejercicio, y que sería ideal que la hora de las clases de gimnasia en la escuela fuese la primera, por la mañana. Encontrarás los detalles al respecto en cada una de las páginas de este importante libro, junto con muchas otras reflexiones.

No puedo cerrar este prólogo sin agradecer la confianza de los autores al proponérmelo y sin compartir un pensamiento que me sugirió el capítulo dedicado al sueño. Si para aprender es tan fundamental tener el cerebro descansado, ¿qué hacer cuando un alumno se duerme en clase? Si de verdad buscamos maximizar su aprendizaje, servirá de poco despertarlo, pues al estar agotado no va a retener las palabras del profesor. Lo neurocoherente sería permitirle unos minutos de sueño, para

que luego –como lo confirman un sinnúmero de estudios– su rendimiento intelectual sea mucho mejor.

PERE ESTUPINYÀ,
escritor y divulgador científico

Introducción |

Cuando estudiamos el aprendizaje, lo hacemos a menudo en busca de respuestas, como, por ejemplo, saber cuál es su esencia. Sin embargo, son mucho más importantes las preguntas, pues son estas las que nos abren la mente, las que nos hacen buscar, reflexionar, intuir, analizar e ir más allá del lugar en el que estamos. Y esto es justamente lo que queremos hacer en este libro: cuestionar nuestras creencias sobre cómo aprendemos con el fin de que nuestra actitud crítica y a la vez dialogante desplace los hábitos mentales que nos conducen a una conformidad autocomplaciente y nos lleve a buscar y a investigar siempre. Porque lo que hoy es cierto quizás demostremos que mañana no lo es. Si algo nos enseña el conocimiento científico, es que el porvenir siempre es mayor y tiene más posibilidades de lo que pensábamos o imaginábamos y que contamos con más capacidades y más recursos de los que creímos. La finalidad de este libro es poner de manifiesto todo esto; en este sentido, es una invitación a seguir haciéndonos preguntas, a acercarnos a los nuevos avances de una ciencia cognitiva como la neurociencia, a dialogar con estos avances y, de este modo, mejorar nuestra praxis educativa.

Dicho esto, queremos subrayar el hecho de que nuestro cerebro aprende de una manera integral y holística. Aunque aquí nos centraremos en los avances en el estudio del cerebro, la educación nunca es fragmentada, como no lo es tampoco el ser humano, en la medida en que constituye una unidad psicofísica. Tal como nos ha advertido el neurocientífico Manfred Spitzer, la neurociencia será a la educación lo que la biología ha sido a la medicina. En un futuro próximo, será difícil encontrar principios pedagógicos y prácticas educativas que no estén informados por la neurociencia. Pero conviene no olvidar que, a pesar de sus facultades superiores, el cerebro no es el único órgano que constituye nuestra identidad. En esta construcción intervienen todos nuestros órganos y sus funciones. De ahí que se hable también de un segundo cerebro, el estómago, de un tercero, el corazón, etcétera. Lo que es más importante, sin embargo, es que en la construcción de nuestra identidad representa un papel fundamental nuestra relación con los demás, con el conjunto de los seres vivos y con la naturaleza. En este sentido, cuando se utiliza la categoría «social» para definir el fenómeno nuclear del cerebro humano, hay un amplio consenso en la comunidad neurocientífica.

En este libro abordamos doce neuromitos o creencias populares presentes en muchas praxis educativas, así como en muchas propuestas curriculares e, incluso, en leyes sobre educación. No pretendemos ninguna clase de apología ni buscamos demostrar

taxativamente nada; solo intentamos presentar los avances de la neurociencia en relación con estos neuromitos, y confrontarlos con los principios pedagógicos y las prácticas educativas vigentes en muchos centros de enseñanza. Partimos de la consideración de que los neuromitos son una representación social, y, como tales, su análisis es útil para la comprensión del funcionamiento del cerebro. No podemos eliminar las ideas preconcebidas sin más; debemos ser conscientes de ellas y someterlas a una deliberación racional con el fin de evitar sus consecuencias más perjudiciales y, en la medida de lo posible, sustituirlas por nuevas creencias que estén acordes con el conocimiento científico. Es decir, no nos motiva ninguna pretensión de verdad con mayúsculas.

Podemos considerar el cerebro un objeto social y de análisis en la medida en que se estudia, así como de las interacciones y la comunicación social. Una representación social se constituye en tres fases: la objetivación, el anclaje y la comunicación social.

La **objetivación** consiste en reducir la incertidumbre ante lo desconocido por medio de una transformación simbólica y una imagen. Se selecciona, retiene y reconstruye solo aquello acorde con el sistema de valores. Por ejemplo, se retiene el hecho de que conocemos algo sobre el cerebro, pero nos queda mucho camino, pues este conocimiento es de difícil acceso. Y este conocimiento se destila: organizamos un núcleo figurativo del constructo –el cerebro tiene dos mitades–, lo sintetizamos y lo condensamos; lo abstracto se convierte en una imagen, en un ícono que constituye el núcleo figurativo de la representación social; en nuestro caso, la imagen del cerebro: una masa blandita encapsulada en un cráneo frágil, pero todopoderoso («¿Cómo vamos a utilizar solo el 10 % de nuestro cerebro?»).

Entonces, esa imagen se convierte en natural, en un «siempre ha sido así», en un «no podría ser de otra manera». Porque así podemos aprehenderla, explicarla y convertirla en objeto de conocimiento cotidiano, con ideas como que en el cerebro residen los pensamientos y no podemos verlos. Y eso sitúa y califica al cerebro como algo misterioso.

El **anclaje** es el proceso que permite insertar lo desconocido en un entramado de esquemas conocidos y preexistentes, y permite instrumentalizar el objeto –el cerebro– en la comunicación, en las interacciones sociales. De hecho, estos esquemas se convierten en instrumentos para resolver o –también– crear problemas. Por ejemplo, nos permiten razonar y explicar el hecho de que si envejecemos, el cerebro también lo hace, y a lo largo de la vida sus neuronas van muriendo.

Contamos, además, con sistemas sociales de **comunicación** –prensa, programas divulgativos– que generan comparaciones y metáforas, y que construyen el significado último del objeto. Así nos encontramos con el hecho de que las neuronas mueren a partir de una edad determinada, o de que solo utilizamos una pequeña parte del cerebro, o de que el cerebro tiene dos mitades y cada una de ellas gobierna unas funciones determinadas.

Las prácticas sociales –investigaciones, educación y relaciones sociales– son coherentes con esa representación social. Por eso es importante que el conocimiento científico se transmita de manera rigurosa y que las prácticas sociales sean coherentes

con este conocimiento y no con la representación social. La suerte está en que esa forma de conocimiento –la representación social– es dinámica, viva y cambiante.

Antes de concluir, queremos manifestar que la redacción del libro ha sido coral e interdisciplinaria. El libro es fruto de un grupo de trabajo sobre neuroeducación y neurodidáctica, que ha creado el posgrado sobre Neuroeducación de la Universidad de Barcelona. Por lo tanto, es un libro en el que, como consecuencia de la formación de sus autores, pedagogía, medicina, neurología, física y filosofía se unen.

Para finalizar, entendemos que si bien no podemos ignorar las contribuciones de la neurociencia para ampliar el mapa de referencia de la comprensión de nuestro cerebro, debemos tener la humildad de saber que son pasos evolutivos en un campo de investigación inmenso y todavía misterioso: nuestro cerebro, el núcleo de nuestra identidad. De ahí que debamos ser prudentes en la aplicación de los aportes de la neurociencia en la educación. Con todo, no podemos seguir ignorando contribuciones que sin lugar a dudas han sido fecundas para la transformación de la escuela tradicional y la innovación educativa. Así lo decía Einstein: «La mente que se abre a una nueva idea jamás volverá a su tamaño original».

Investiguemos, cuestionemos y exploremos esa región fronteriza y de necesario mestizaje entre la neurociencia y la educación. Buena lectura.

ANNA FORÉS

1.

¿Qué materias son las importantes?, por *Jesús C. Guillén*

Neuromito: El ejercicio físico, las artes o el juego son elementos secundarios en la educación debido a su mínima incidencia en el aprendizaje.

En 2005, Ian Gilbert señaló que la diferencia esencial que encontró entre la primaria y la secundaria es que en la primera el profesor enseña a los niños, mientras que en la segunda enseña asignaturas. Independientemente de que en los dos casos se enseñe, lo esencial debería ser el aprendizaje, y casi nadie duda de que este se da de forma más eficiente, natural y real en los primeros años. Conforme superamos etapas educativas, nos adentramos en el mundo de las asignaturas creado por los adultos, visiblemente jerarquizado, muchas veces descontextualizado y alejado del mundo real. Sin embargo, cuando se abren las puertas y las ventanas del aula a la realidad, es más fácil encontrar la motivación necesaria para el aprendizaje, que no puede restringirse a la adquisición –en muchas ocasiones, parcial– de una serie de conceptos y procedimientos ligados a las asignaturas o materias que, tradicionalmente, se han considerado más importantes e, incluso, independientes. Ahí radica la falsa creencia.

Afortunadamente, las investigaciones en neurociencia nos han dado información relevante sobre cómo funciona el cerebro. Según estas, podemos adquirir una serie de competencias, las verdaderamente importantes, que nos capacitan para la vida y facilitan el verdadero aprendizaje. A partir de estos nuevos hallazgos, abordaremos tres materias concretas de aprendizaje: el deporte, las disciplinas artísticas y –como ejemplo de integración del componente lúdico– el ajedrez; materias muy importantes que, cada vez más, son relegadas a un segundo término en los planes de estudio.

Educación física

Nadie duda de que la práctica deportiva o de cualquier actividad física repercuta de manera positiva en nuestra salud: mejora el sistema cardiovascular y el inmunitario, reduce la obesidad, regula los niveles de azúcar y fortalece los huesos. Estos beneficios van acompañados de una mejora en el estado de ánimo; nos sentimos mejor, menos estresados y más motivados para hacer las cosas. Pero, además, según recientes investigaciones en neurociencia, el ejercicio físico regular puede modificar el entorno químico y neuronal de nuestro cerebro, facilitando así el aprendizaje.

La actividad física genera una serie de neurotransmisores, como la serotonina, la noradrenalina y la dopamina, que mejoran el estado de alerta, la atención y la motivación, factores que son imprescindibles para que se dé el aprendizaje. Pero, aparte de estos neurotransmisores, con la actividad física se segregan otras moléculas, como el factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF, por sus siglas en inglés), que tienen una incidencia directa sobre las neuronas y sus conexiones neuronales (sinapsis), y cuyo fortalecimiento y uso reiterado nos permiten establecer las memorias necesarias para el aprendizaje.

En un estudio de 2011 (Erickson *et al.*), en el que participaron 120 personas mayores, se demostró cómo un entrenamiento aeróbico de intensidad moderada de tres días a la semana durante un año provocó un aumento medio del 2 % del hipocampo de los participantes, una región cerebral imprescindible para el proceso de formación de la memoria explícita –recuerdos que pueden describirse con palabras– y del aprendizaje. Este aumento del volumen del hipocampo estuvo acompañado de una mejora en la memoria espacial de los participantes y de un incremento de la proteína BDNF. En anteriores investigaciones ya se había demostrado que esta molécula, que se segregó a partir del ejercicio físico, es muy importante porque:

1. *Mejora la plasticidad sináptica.* Es decir, fortalece las conexiones neuronales (Vaynman *et al.*, 2004) que nos permiten aprender. Cuando se bloquea esta molécula –como se ha hecho en experimentos con animales– se eliminan los beneficios cognitivos del aprendizaje.
2. *Genera nuevas neuronas en el hipocampo* (Pereira *et al.*, 2007). Este proceso, conocido como «neurogénesis», facilita el aprendizaje y, a diferencia de lo que se creía hace unos años, puede darse a cualquier edad.
3. *Aumenta la vascularidad cerebral.* En este proceso, relacionado con la neurogénesis, se aumenta la sangre que llega a las neuronas, lo que facilita la llegada de toda una serie de nutrientes que mejoran su funcionamiento (Van Praag, 2009).

Aunque en la mayoría de las investigaciones con adultos se han encontrado beneficios cognitivos producto de la práctica moderada del ejercicio físico aeróbico o cardiovascular, también se ha descubierto que la actividad física mejora las condiciones

anaeróbicas. Así, por ejemplo, en un estudio en el que intervinieron jóvenes deportistas con edades comprendidas entre los 20 y los 30 años, se encontraron incrementos de BDNF en la sangre tras solo tres minutos de *sprints*. Cuando después se los sometía a pruebas de vocabulario, aquellos participantes que realizaron las carreras rápidas aprendían palabras un 20 % más rápido que aquellos que, en lugar de ejercitarse, habían descansado (Winter *et al.*, 2007).

Por otra parte, en cuanto a la importancia del aprendizaje para la vida, también se ha demostrado que los beneficios del ejercicio físico son acumulativos, es decir, pueden ser útiles en caso de una necesidad cognitiva posterior. Así, por ejemplo, en un estudio longitudinal, en el que participaron más de un millón de suecos, se comprobó que aquellos que a los 18 años tenían mayor resistencia cardiovascular obtuvieron mejores resultados en pruebas de inteligencia general, de lógica o verbales. Y esta buena forma física guardaba una relación directa y positiva con los resultados académicos y el nivel socioeconómico que alcanzaron años después, siendo adultos. Independientemente de que hubieran seguido realizando ejercicio físico, aquellos que en su juventud mostraron un mejor estado físico, demostraron años después mejores capacidades cognitivas (Aberg *et al.*, 2009).

Respecto a la incidencia directa del ejercicio físico en el rendimiento académico de los alumnos, se realizaron también varias investigaciones con niños y adolescentes en las que se analizaron determinadas competencias, como la lingüística o la matemática, o las llamadas «funciones ejecutivas» –capacidades relacionadas con la gestión de las emociones, la atención y la memoria, que nos permiten el control cognitivo y conductual necesario para planificar y tomar decisiones adecuadas–. Estas funciones ejecutivas, que dependen del lóbulo frontal y que nos diferencian del resto de los animales, son muy importantes en el aula. Porque los niños y los adolescentes necesitan concentrarse, reflexionar o controlar sus impulsos para aprender y mejorar sus aptitudes socioemocionales. Así, por ejemplo, el alumno necesita utilizar la memoria de trabajo con el fin de almacenar información temporal, útil para resolver problemas, la flexibilidad cognitiva para analizar las tareas desde distintas perspectivas o el autocontrol para dominar la impulsividad y tomar las decisiones más apropiadas. Todas estas son funciones ejecutivas básicas.

En un estudio de 2009 (Hillman *et al.*) en el que participaron 20 estudiantes de edades entre los 9 y los 10 años, se quiso analizar cuál era el efecto de la actividad física en el cerebro y en el proceso de aprendizaje. El procedimiento experimental comparó dos sesiones diferentes. En una, los niños debían caminar en una cinta de correr durante veinte minutos a un ritmo moderadamente alto; luego realizaban una serie de pruebas de discriminación de estímulos en las que debían determinar incongruencias que aparecían en una pantalla –con lo cual ejercitaban su autocontrol– pulsando un botón. En otra, los estudiantes se sometían a las mismas pruebas, pero después de un periodo de descanso de veinte minutos. En ambos casos, mediante encefalogramas se registró la actividad cerebral de los participantes.

Los análisis demostraron que el rendimiento de los niños en las pruebas cognitivas era mejor tras la sesión de ejercicio físico, especialmente cuando la complejidad de las tareas era mayor; los niños invertían menos tiempo de reacción en la identificación de figuras y mostraban mayor precisión en las respuestas que tras la sesión de descanso. Además, se registraron mayores señales de ondas cerebrales relacionadas con el autocontrol y la atención ejecutiva –la que utilizan los alumnos para centrarse en las tareas de aprendizaje– durante el desarrollo de las tareas después de la actividad física.

En un intento de los investigadores por aproximar estas pruebas a situaciones de aprendizaje reales en el aula, se realizaron una serie de test relacionados con la comprensión lectora, la ortografía y la aritmética. Efectivamente, en todos los casos se obtuvieron mejores resultados en la sesión que siguió al ejercicio, en especial en los test de comprensión lectora.

En otros estudios se han obtenido resultados parecidos que demuestran la mejora de la atención ejecutiva –tan importante en los procesos de aprendizaje– durante la actividad física. Así, por ejemplo, investigadores alemanes comprobaron que un programa de ejercicio físico –predominantemente aeróbico– de treinta minutos, aplicado a alumnos de 13 y 14 años, mejoró su rendimiento en tareas de discriminación visual que requerían una gran atención ejecutiva, en comparación con los alumnos que tomaron un descanso activo de cinco minutos (Kubesch *et al.*, 2009). Por otra parte, los niños de entre 7 y 9 años que durante nueve meses participaron en un programa de actividad física extraescolar mejoraron su flexibilidad cognitiva y su capacidad de inhibición respecto a los que integraban el grupo de control –es decir, el grupo en el cual no hay intervención– (Hillman *et al.*, 2014). Finalmente, en un programa extraescolar aplicado para el mismo rango de edad, los niños participantes mejoraron la memoria de trabajo (Kamijo *et al.*, 2011).

Implicaciones educativas

Los estudios analizados sugieren que no es una buena idea erradicar o reducir los horarios de las clases de educación física, tal como se ha hecho en muchas escuelas estadounidenses con el presunto objetivo de mejorar los resultados en pruebas de evaluación externas. En este sentido, si la actividad física es capaz de mejorar la atención de los alumnos, no es recomendable desplazar estas clases al final del horario escolar, como se ha hecho tradicionalmente; sería mejor colocarlas al inicio de la jornada escolar. Esto sería especialmente útil en el caso del adolescente, pues en esas primeras horas el ejercicio físico serviría como activador, ya que como consecuencia de sus mayores necesidades de sueño –debidas a las alteraciones de sus ritmos circadianos– suele llegar a la escuela cansado o dormido (podrás encontrar más información al respecto en el capítulo 9, «El sueño: una dulce necesidad cerebral»).

Los estudios también sugieren la necesidad de recurrir a descansos activos durante el horario escolar, que permitan a los alumnos moverse y fomentar zonas de recreo al aire libre y que posibiliten la actividad física voluntaria. Un simple paseo por un entorno natural permite separar una serie de neurotransmisores que recargarán de energía circuitos cerebrales que intervienen en la atención o la memoria y que se saturan como consecuencia de la actividad escolar continuada. Estos beneficios, útiles para cualquier alumno, son especialmente efectivos para aquellos que sufren de trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH), que son inquietos o se distraen con facilidad. No solo esto; este simple paseo o cualquier actividad física es una estupenda forma de activar mecanismos cerebrales inconscientes que no dejan de trabajar, y que muchas veces nos permiten dar con una solución creativa a un problema que no sabemos resolver cuando pensamos en él de forma focalizada. Esto es algo que deberíamos enseñar a los alumnos.

En resumidas cuentas, puesto que el movimiento está asociado con nuestro propio proceso de desarrollo cerebral, no deberíamos desaprovechar los beneficios derivados del ejercicio físico, sin olvidar que, cuando suministramos los retos adecuados, el efecto se amplifica debido al binomio formado por el BDNF y la dopamina, efecto que constituye la esencia del aprendizaje. Lo que es bueno para el corazón, es bueno para el cerebro.

Educación artística

No podemos obviar la manera en que, en sus primeros años y de forma natural, el niño baila, canta o dibuja. Estas actividades, que le permiten ir conociendo el mundo que lo rodea, son imprescindibles para su desarrollo cerebral, tanto en el ámbito sensorial como en el motor, emocional y cognitivo. Al realizar este tipo de tareas, el niño se divierte, progresiona, se relaciona, muestra orgulloso sus resultados y a través de la práctica aprende una de las grandes virtudes del ser humano, que tiene una incidencia directa en su rendimiento académico y en su bienestar: el autocontrol. Básicamente, la educación artística se convierte en una necesidad, pues nos permite adquirir una serie de competencias socioemocionales y de rutinas mentales que están en plena consonancia con el desarrollo evolutivo del ser humano y que son necesarias para el aprendizaje de cualquier contenido curricular.

Los beneficios de los programas artísticos son especialmente importantes cuando se integran plenamente con las asignaturas del currículo. Rabkin y Redmond (2004) han identificado algunos de ellos:

- Hay mayor compromiso emocional de los alumnos en el aula.
- Los alumnos trabajan de forma más activa y aprenden unos de otros.
- Los grupos de aprendizaje cooperativo convierten las clases en comunidades de aprendizaje.
- A través de las artes se facilita el aprendizaje en todas las asignaturas.
- Los profesores colaboran más y tienen mayores expectativas en sus alumnos.
- Al basarse en un aprendizaje por proyectos, el currículo se hace más real.
- La evaluación es más reflexiva y variada.
- Las familias se involucran más.

En un estudio en el que participaron alumnos de quinto de primaria, se diseñaron dos unidades didácticas –de astronomía y de ecología– mediante dos procedimientos diferentes: en uno se utilizó el enfoque tradicional y en el otro se integraron las artes en la unidad. En este, los alumnos realizaron actividades con objetivos didácticos específicos, que incluían actuaciones teatrales, elaboración de pósteres, recreación de movimientos o uso de la música. El análisis de los resultados reveló que los alumnos que participaron en la unidad didáctica en la que estaban integradas las actividades artísticas mejoraron su memoria a largo plazo, especialmente aquellos con dificultades lectoras (Hardiman *et al.*, 2014).

En un estudio longitudinal de tres años de duración se analizaron los efectos conductuales de diferentes programas artísticos en niños de entre 9 y 15 años pertenecientes a entornos socioeconómicos desfavorecidos. En las distintas fases del programa, los alumnos podían participar en actividades relacionadas con la música, la pintura, la escritura, el diseño o la filmación. A través de proyectos se fomentaba el

trabajo cooperativo, que concluía con la escenificación de una obra teatral y con una grabación en la que intervenía toda la comunidad escolar. A diferencia de los integrantes del grupo de control, los participantes en el programa mejoraron sus habilidades artísticas y sociales, redujeron sus problemas emocionales y, en general, desarrollaron toda una serie de competencias interpersonales, como la comunicación, la cooperación o la resolución de conflictos (Wright *et al.*, 2006).

La integración de las disciplinas artísticas en las prácticas pedagógicas no solo promueve el dominio y la técnica del arte en concreto, también fomenta un pensamiento creativo, divergente y, en definitiva, más profundo. Asimismo, se da un aprendizaje más cercano a la realidad, pues las artes enseñan a los alumnos que al resolver una tarea hay más de una solución posible, por lo que es necesario aproximarse a ella desde distintas perspectivas, que la imaginación puede ser una guía para dar con una respuesta y que no siempre hay reglas definidas cuando se deben tomar decisiones. Un ejemplo claro de esto es el programa Artful Thinking, desarrollado por el Proyecto Zero de la Universidad de Harvard, y en el que se utilizaba el poder de las imágenes visuales –el de las obras de arte, por ejemplo– para estimular en los alumnos procesos asociados con las seis disposiciones en las que se centraba el programa: preguntar e investigar, observar y describir, razonar, explorar puntos de vista, comparar y relacionar y hallar la complejidad.

Analicemos tres de las variedades en la educación artística que se utilizan en el aula: la música, las artes visuales y las artes escénicas –respecto a estas dos últimas, nos centraremos en el dibujo y en el teatro, respectivamente–.

La música

Desde la perspectiva emocional, nos gusta escuchar música, pues esta estimula el sistema de recompensa cerebral asociado con la dopamina, que nos hace sentir bien. Pero desde la perspectiva cognitiva, es mejor practicarla. Al tocar un instrumento musical se activan de forma simultánea áreas sensoriales y motoras que nos exigen, además de capacidad auditiva, buena atención y memoria.

Hay evidencias empíricas –más de correlación que de causalidad– que sugieren que las clases de música pueden mejorar la capacidad intelectual, el rendimiento académico, la conciencia fonológica y la decodificación de palabras en los alumnos (Winner *et al.*, 2014). En relación con las matemáticas, un estudio reciente en el que participaron niños pequeños demostró que la enseñanza de la música no mejoraba las competencias matemáticas (Mehr *et al.*, 2013). Sin embargo, la prestigiosa neurocientífica Elizabeth Spelke, quien dirigió la investigación anterior, señaló que este debate no debería centrarse en los beneficios externos, como la mejora matemática, sino en los beneficios inherentes al arte, relacionados más con cuestiones emocionales o sociales.

Por otra parte, en un estudio similar se analizó la eficacia de dos programas de entrenamiento, uno musical y otro visual, en niños con edades de entre 4 y 6 años. Los resultados revelaron que tras solo veinte días de entrenamiento los niños del grupo musical obtuvieron mejores resultados en unas pruebas verbales. Y esta mejoría tenía una correlación positiva de los cambios en la plasticidad funcional del cerebro de los niños, al realizar una tarea ejecutiva en la que se medían el autocontrol y la atención (Moreno *et al.*, 2011).

Artes visuales

El grupo de investigación de Ellen Winner ha identificado algunas disposiciones o rutinas mentales en las que los profesores ponen énfasis, y que los alumnos pueden desarrollar en las clases de artes visuales (Winner *et al.*, 2006). Estos hábitos son útiles en cualquier materia curricular:

- *Compromiso y perseverancia.* Los alumnos aprenden a comprometerse con la materia y a desarrollar la iniciativa propia a través de los proyectos realizados.
- *Visualización.* Los alumnos aprenden a visualizar y a imaginar situaciones que se alejan de la mera observación.
- *Expresión.* Los alumnos aprenden a transmitir una visión personal en sus trabajos; el arte trasciende la técnica.
- *Observación.* Los alumnos aprenden a utilizar una mirada propia y a percibir detalles menos obvios, pues focalizan más su atención.
- *Reflexión.* Los alumnos aprenden a explicar, justificar y evaluar lo que realizan con un espíritu crítico; aprenden la metacognición.
- *Extensión y exploración.* Los alumnos aprenden a ir más allá de sus creaciones, a tomar nuevos riesgos y aprender de sus errores.

Hay junto con todo esto indicios de que los alumnos que estudian artes visuales tienen mayor facilidad para el razonamiento geométrico (Winner *et al.*, 2014).

Artes escénicas

En una investigación (Catterall, 2002) se analizaron los estudios sobre los efectos del teatro en entornos escolares. En esta se identificaron muchos beneficios, algunos de ellos relacionados directamente con las materias curriculares y otros, los más importantes, con el desarrollo integral de la persona. Los beneficios más representativos del teatro en entornos escolares son los siguientes:

- Los alumnos convierten conceptos abstractos en concretos.
- Los alumnos abordan los contenidos curriculares desde una perspectiva más atractiva.
- Los alumnos mejoran su vocabulario.
- El teatro acerca el aprendizaje al mundo real.
- El teatro permite a los alumnos reflexionar sobre lo que hacen y comparar sus opiniones con las de los demás.
- El teatro fomenta la tolerancia y el respeto a los demás.
- El alumno mejora su autocontrol y autoestima.
- El teatro da al alumno un sentimiento de libertad acompañado de responsabilidad.

Implicaciones educativas

Ya hemos comentado la relevancia de algunas de las artes mencionadas y la importancia de integrar las actividades artísticas en cada una de las materias curriculares, asumiendo una perspectiva transdisciplinaria. Las actividades artísticas son una forma creativa de implicar emocionalmente al alumno en el aprendizaje, y de poder optimizarlo. Nuevos tiempos requieren nuevas estrategias.

Veamos algunos ejemplos concretos:

- *Música*. El profesor de historia pide a sus alumnos que reflejen en la letra de una melodía popular los hechos más significativos de la Revolución francesa.
- *Artes visuales*. El profesor de química pide a sus alumnos que dibujen un organizador gráfico en el que se muestren las etapas que hay que seguir para llevar a cabo un experimento en el laboratorio.
- *Teatro*. El profesor de inglés pide a sus alumnos que escriban un final alternativo de la obra *Romeo y Julieta*, y que la representen.
- *Poesía*. El profesor de matemáticas pide a sus alumnos que escriban unas estrofas sobre los pasos que hay que seguir para demostrar un teorema.

Podríamos seguir con todos los ejemplos que nuestra imaginación genere para cualquier asignatura y para cualquier etapa educativa.

Por otra parte, y tal como sugiere uno de los estudios anteriores, en el caso de currículos específicos el uso de proyectos de investigación es una muy buena opción para generar la motivación intrínseca del alumno y facilitar su aprendizaje, pues fomenta el trabajo cooperativo, la reflexión y la autoevaluación.

La educación artística permite a los alumnos adquirir un conjunto de competencias socioemocionales, básicas para su desarrollo personal, que agregan un componente emocional imprescindible no solo para su aprendizaje, sino también para su bienestar personal, y que les permite contemplar el mundo desde una perspectiva diferente, más estética y profunda. Todo esto en consonancia con el desarrollo ontogénico que con el tiempo construye la personalidad del ser humano, a través de los retos que nos depara la vida cotidiana.

Ajedrez en el aula

El juego es un mecanismo natural que despierta la curiosidad; es placentero y nos permite aprender, incluso desde el nacimiento. Al jugar, exploramos, descubrimos, avanzamos, interactuamos y expresamos de forma natural nuestras emociones. Las reglas asociadas con el juego nos dotan de disciplina; durante el proceso, los objetivos y el *feedback* nos motivan, y la incertidumbre despierta nuestra curiosidad, estimula la creatividad y el afán de superación. En definitiva, nos permite aprender.

El componente lúdico se puede integrar en el aula en cualquier materia o etapa educativa, lo importante es que haya objetivos de aprendizaje claros y definidos. Si bien hay muchas formas de introducir el juego en la práctica educativa, vamos a centrarnos en uno concreto que, según estudios muy recientes, puede ser muy importante para el rendimiento académico del alumno: el ajedrez.

Las razones por las que el ajedrez puede beneficiar el rendimiento del alumno se deben básicamente al hecho de que para analizar las posiciones de las fichas en el tablero –teniendo en cuenta sus pros y sus contras– es necesario estar concentrados, saber controlarnos, hacer uso de una inteligencia fluida, pensar de forma crítica, mantener información visual en la memoria de trabajo y, en definitiva, utilizar adecuadamente las funciones ejecutivas del cerebro que nos permitirán tomar las decisiones adecuadas.

En un estudio reciente hecho en colegios de Tenerife, se analizaron los beneficios cognitivos y socioemocionales de la práctica regular del ajedrez en horarios extraescolares de 170 alumnos con edades de entre 6 y 16 años (Aciego *et al.*, 2012). Los resultados revelaron que los escolares que participaron en el programa de ajedrez semanal durante el curso académico mejoraron las capacidades cognitivas y conductuales en comparación con aquellos que practicaron actividades extraescolares como el fútbol o el baloncesto. En concreto, las mejoras cognitivas se dieron en pruebas que demandan atención, autocontrol, organización perceptiva, rapidez, planificación y previsión, mientras que las mejoras conductuales se reflejaron en la capacidad de afrontar los problemas o la satisfacción ante los estudios. Como comentaron los autores del estudio, el ajedrez es un juego que se convierte en una herramienta educativa potente porque no solo mejora las capacidades cognitivas del niño o del adolescente, sino que influye en su desarrollo personal y social.

Por otra parte, diversas investigaciones han analizado los efectos del ajedrez integrado directamente en el currículo escolar, en alguna materia concreta, como las matemáticas. En un estudio muy reciente en el que participaron 568 niños de dos ciudades italianas, Asti y Bérgamo, con edades de entre 8 y 10 años, 412 recibieron clases de ajedrez durante el horario escolar, como una asignatura más, durante todo el curso académico (Trinchero, 2013). A diferencia del grupo de control, los alumnos que practicaron ajedrez obtuvieron una mejora modesta, pero estadísticamente significativa, proporcional al nivel ajedrecístico alcanzado en pruebas matemáticas de resolución de problemas. Según el autor del estudio, la diferencia entre ambos grupos puede deberse a que a través

del ajedrez los alumnos mejoran su capacidad de concentración, lo que les permite leer e interpretar de forma adecuada los enunciados de los problemas, por lo que son capaces de seguir un proceso continuo de resolución en el que hay un mayor análisis y evaluación. Y estas mismas mejoras pueden darse en alumnos con necesidades educativas especiales.

A conclusiones similares se llegó en una investigación en la que participaron niños de escuelas iraníes de las mismas edades. Quienes participaron en un programa escolar de seis meses no solo mejoraron su capacidad de resolver problemas matemáticos, sino que obtuvieron mejores resultados en pruebas en las que se medían sus habilidades metacognitivas (Kazemi *et al.*, 2012).

Implicaciones educativas

Integrar el componente lúdico en el currículo permite captar la atención del alumno, así como motivarlo e implicarlo de forma natural en el proceso de aprendizaje, en el que pasa a ser un agente activo. Aunque las evidencias empíricas de las que disponemos deben ser complementadas, parece ser que la práctica regular del ajedrez incide directamente en la mejora de las funciones ejecutivas del cerebro, lo que puede repercutir positivamente en distintos ámbitos educativos. Si a través de la práctica continua del ajedrez el niño puede mejorar su capacidad analítica, creativa y de concentración, su crecimiento académico y personal lo agradecerán. Y ello no solo puede facilitarse a partir de un tiempo semanal, como en cualquier otra asignatura, sino que puede fomentarse a partir de espacios lúdicos dentro del recinto escolar, dotados con el material apropiado para que el alumno pueda desarrollar todo su potencial creativo.

Porque es mucho más importante fortalecer la capacidad de aprendizaje del alumno que añadir contenidos, muchas veces irrelevantes y descontextualizados. Y ello se puede alcanzar a través del deporte, jugando, como en el caso del ajedrez, o realizando actividades artísticas. El cerebro humano, en continua reorganización –como consecuencia de las experiencias cotidianas–, agradece este tipo de retos y de esta forma mejora su funcionamiento.

Bibliografía

- ABERG, M., *et al.* (2009), «Cardiovascular fitness is associated with cognition in Young adulthood», *PNAS*, 106 (49), pp. 20.906-20.911.
- ACIEGO, R., *et al.* (2012), «The benefits of chess for the intellectual and social-emotional enrichment in schoolchildren», *The Spanish Journal of Psychology*, 15 (2), pp. 551-559.
- CATTERALL, J. (2002), «Research on drama and theater in education», en Deasy R. (ed.), *Critical links: learning in the arts and student academic and social development*, Arts Education Partnership.
- ERICKSON, K., *et al.* (2011), «Exercise training increases size of hippocampus and improves memory», *PNAS*, 108, pp. 3.017-3.022.
- GILBERT, I. (2005), *Motivar para aprender en el aula. Las siete claves de la motivación escolar*, Barcelona, Paidós Ibérica, 2005.
- HARDIMAN, M., *et al.* (2014), «The effects of arts integration on long-term retention of academic content», *Mind, Brain and Education*, 8 (3), pp. 144-148.
- HILLMAN, C., *et al.* (2009), «The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children», *Neuroscience*, 159, pp. 1.044-1.054.
- HILLMAN, C., *et al.* (2014), «Effects of the FITKids randomized controlled trial on executive control and brain function», *Pediatrics*, 134 (4), pp. 1063-1071.
- KAMIJO, K., *et al.* (2011), «The effects of an afterschool physical activity program on working memory in preadolescent children», *Developmental Science*, 14, pp. 1.046-1.058.
- KAZEMI, F., *et al.* (2012), «Investigation of the impact of chess play on developing meta-cognitive ability and math problem-solving power of students at different levels of education», en 4th International Conference of Cognitive Science (ICCS, 2011), *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 32, pp. 372-379.
- KUBESCH, S., *et al.* (2009), «A 30-minute physical education program improves students' executive attention», *Mind, Brain, and Education*, 3, pp. 235-242.
- MEHR, S., *et al.* (2013), «Two randomized trials provide no consistent evidence for nonmusical cognitive benefits of brief preschool music enrichment», *PLoS ONE*, 8 (12).
- MORENO, S., *et al.* (2011), «Short-term music training enhances verbal intelligence and executive function», *Psychological Science*, 22 (11), pp. 1.425-1.433.
- PEREIRA, A., *et al.* (2007), «An *in vivo* correlate of exercise-induced neurogenesis in the adult dentate gyrus», *PNAS*, 104, pp. 5.638-5.643.
- RABKIN, N., y REDMOND, R. (2004), *Putting the arts in the picture: reforming education in the 21st century*, Chicago, Columbia College.
- TRINCHERO, R. (2013), *Can chess training improve Pisa scores in mathematics? An experiment in italian primary school*, París, Kasparov Chess Foundation Europe.

- VAN PRAAG, H. (2009), «Exercise and the brain: something to chew on», *Trends in Neurosciences*, 32 (5), pp. 283-290.
- VAYNMAN, S., *et al.* (2004), «Hippocampal BDNF mediates the efficacy of exercise on synaptic plasticity and cognition», *European Journal of Neuroscience*, 20, pp. 2.580-2.590.
- WINNER, E., *et al.* (2006), «Studio thinking: how visual arts teaching can promote disciplined habits of mind», en Locher P., *et al.* (eds.), *New directions in aesthetics, creativity, and the arts*, Amityville (Nueva York), Baywood.
- WINNER, E., GOLDSTEIN T., y VINCENT-LANCRIN, S. (2014), *¿El arte por el arte? La influencia de la educación artística*, México, OCDE.
- WINTER, B., *et al.* (2007), «High impact running improves learning», *Neurobiology of Learning and Memory*, 87, pp. 597-609.
- WRIGHT, R., *et al.* (2006), «Effect of a structured performing arts program on the psychosocial functioning of low-income youth: findings from a Canadian longitudinal study», *Journal of Early Adolescence*, 26, pp. 186-205.

2.

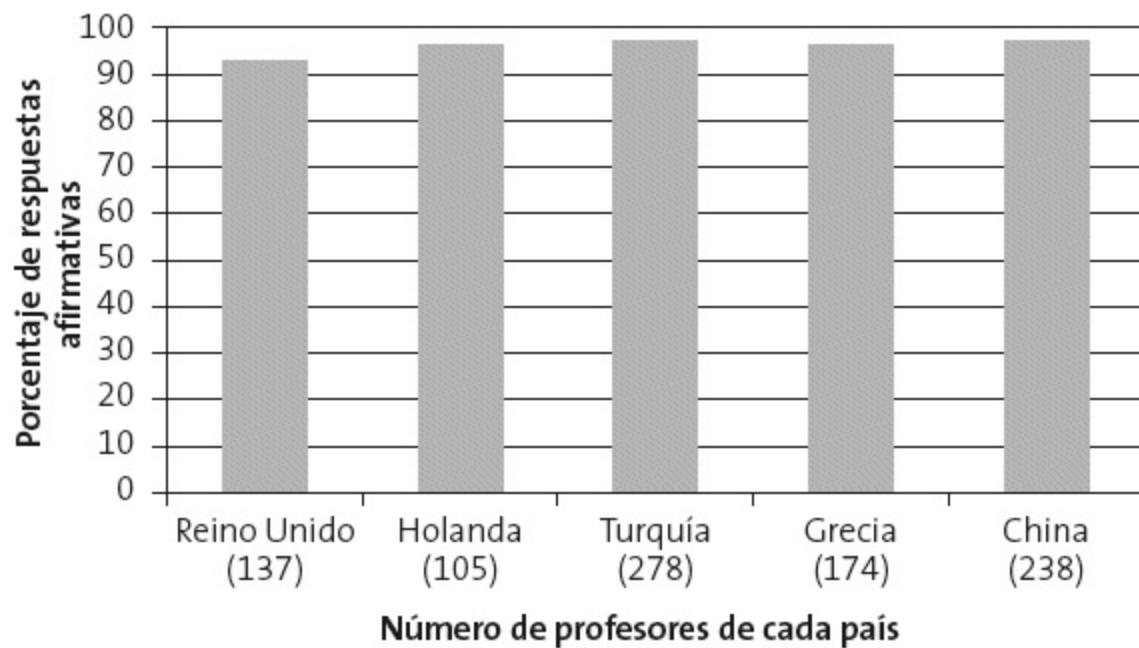
Aprender por todos los canales, por *Jesús C. Guillén y Marta Ligioiz*

Neuromito: Aprendemos mejor cuando la información que recibimos es acorde con nuestro estilo de aprendizaje «favorito»: visual, auditivo o cenestésico.

El estilo de aprendizaje de una persona puede considerarse como una combinación de factores cognitivos, emocionales y psicológicos que describen cómo interactúa con el entorno y que influyen en su respuesta a distintos enfoques docentes. En el ámbito educativo son muy conocidos los modelos de aprendizaje visual, auditivo y cenestésico, según los cuales todos tenemos una modalidad sensorial preferida y podemos mejorar el aprendizaje si enseñamos con atención a estas preferencias sensoriales. Así, por ejemplo, los alumnos «visuales» aprenden mejor con mapas o vídeos, los «auditivos» lo harán a través de *podcasts* o debates, mientras que los «cenestésicos» necesitarán manipular objetos o una mayor movilidad durante la tarea de aprendizaje.

Una muestra de lo arraigada que está esta creencia en el entorno escolar fue una encuesta en la que se preguntó a 932 profesores de cinco países diferentes (Reino Unido, Holanda, Turquía, Grecia y China) si creían que las personas aprenden mejor cuando reciben la información en su estilo de aprendizaje preferido –ya sea visual, auditivo o cenestésico–; el 95,8 % de los encuestados respondió afirmativamente (Howard-Jones, 2014). Sin embargo, cabe preguntarse si hay evidencias científicas que respalden la teoría de que se mejora el aprendizaje de los alumnos cuando la metodología coincide con su estilo de aprendizaje preferido.

Figura 1. ¿Las personas aprendemos mejor cuando recibimos la información en nuestro estilo de aprendizaje preferido (visual, auditivo o cenestésico)?



De los sentidos al aprendizaje

Los sentidos son las puertas para relacionarnos con el mundo. Podemos ver lo que nos rodea: las miradas, las formas y los colores, y podemos oír el sonido del viento, la cadencia de una voz, la música y el silencio; también podemos sentir el tacto de una piel, un abrazo, una fragancia o un sabor. Todos estos sentidos intervienen en el aprendizaje, pues nos aportan información que permite a nuestro cerebro asociarlos con emociones y vivencias del pasado. A partir de un olor, podemos recordar una experiencia de años atrás o sentir miedo ante un sonido que asociamos con un peligro del pasado. Esos hechos no suceden en el presente, pero nuestra memoria los recrea de tal forma que parecen reales y actuales.

A lo largo del proceso de evolución los sentidos han representado un tesoro para nuestra supervivencia, pues se han manifestado en señales que alertaban de la cercanía de depredadores, que ayudaban en la búsqueda de agua y alimentos, en la orientación en la naturaleza y en un sinfín de situaciones. Los sentidos nos han protegido y nos han ayudado a aprender y a evolucionar. Teniendo claros estos hechos, no es casualidad que entre los diferentes estilos de aprendizaje (lineal-holístico, racional-intuitivo, impulsivo-reflexivo, visual-verbal, etcétera) que la psicología cognitiva ha estudiado durante varios años sea el de los sentidos –visual, auditivo y cenestésico– el que goce de mayor popularidad.

Evidencias en el aula

Independientemente de que existan patrones generales en el aprendizaje y de que durante este intervengan regiones cerebrales concretas, cada persona es diferente, con un cerebro único y singular. En el aula, los alumnos muestran diversas capacidades, intereses y conocimientos que inciden directamente en su forma y en su ritmo de aprendizaje. Así pues, es absolutamente natural que unos aprendan a leer más rápido, que otros sean capaces de resolver problemas matemáticos con mayor facilidad o que a otros se les dé mejor jugar al fútbol; todas ellas son manifestaciones distintas de los talentos individuales que pueden cultivarse. Asimismo, los alumnos tienen intereses personales concretos que, aunque no siempre coinciden con las disciplinas en las que mejor se desenvuelven, deben considerarse para mejorar la tan ansiada motivación. A algunos les encanta la lectura, a otros las matemáticas y a otros el fútbol. No podemos ignorar que los alumnos tienen también distintos conocimientos o aptitudes con los que llegan al aula, y que inciden en el proceso constructivista del aprendizaje. Así, por ejemplo, un mayor dominio del vocabulario les permitirá a los alumnos leer obras de mayor complejidad; dominar operaciones aritméticas les facilitará el estudio del álgebra, o adquirir resistencia física les ayudará a mejorar la práctica deportiva.

De igual forma, estas particularidades de los alumnos las percibimos también cuando almacenan recuerdos visuales o sonoros, pues unos tienen una memoria visual o auditiva más precisa que otros. Desde esta perspectiva, podría ser razonable categorizar a los alumnos en «visuales» o «auditivos», pero una cuestión muy diferente es la que se refiere al aprendizaje. Supongamos que preguntamos a los alumnos cómo prefieren que les enseñemos algo, si a través de unas diapositivas, escuchando una exposición o recreando una serie de movimientos. ¿Tendrá sentido la respuesta si no sabemos si la tarea de aprendizaje está relacionada con una obra arquitectónica, un concepto matemático o una canción? Imaginemos ahora que un alumno considerado como «auditivo» se interesa mucho por la física. ¿Mejorará su aprendizaje si cambiamos la presentación de los contenidos teniendo en cuenta esa preferencia?

Las pruebas científicas

Analicemos algunos de los estudios más significativos sobre la incidencia de los estilos de aprendizaje en el rendimiento académico de los alumnos.

Kavale y Forness (1987) realizaron un metaanálisis de 39 estudios en los que participaron más de 3.000 alumnos con dificultades en el aprendizaje, y se obtuvo una incidencia irrelevante de la enseñanza –basada en los estilos de aprendizaje– en el rendimiento académico. En concreto, las investigaciones dieron como resultado un tamaño del efecto –medida estadística que revela que la intervención es efectiva a partir de un valor de 0,40, e importante a partir de 0,60– poco significativo, de 0,14.

Años más tarde, Coffield y sus colaboradores (2004) llevaron a cabo la revisión más extensa publicada hasta la fecha de investigaciones sobre estilos de aprendizaje. En ella criticaron el hecho de que pocos estudios cumplían con los requerimientos experimentales mínimos, las evaluaciones realizadas eran pobres e, incluso, algunas publicaciones tenían fines comerciales. Los resultados de esta revisión no encontraron que en la práctica la enseñanza que tiene en cuenta las fortalezas y las preferencias sensoriales individuales fuese efectiva.

Poco tiempo después, una interesante investigación (Krätzig y Arbuthnott, 2006), en la que participaron 65 estudiantes universitarios, confirmó los resultados anteriores. Los autores se preguntaron si existía una correlación entre la preferencia del estilo de aprendizaje del alumno y el rendimiento observado en unas pruebas de memoria, relacionadas con cada una de las modalidades sensoriales: visual, auditiva y cenestésica. Inicialmente se evaluó el estilo de aprendizaje de los participantes de dos formas distintas: la primera, a través del proceso utilizado normalmente, la autoevaluación, y la segunda, a partir del test de Barsch, una prueba que permite identificar el estilo de aprendizaje. Los resultados de las dos evaluaciones no mostraron una buena correspondencia, pues solo en 29 de los 65 participantes coincidió el estilo de aprendizaje preferido.

Posteriormente se realizaron pruebas de memoria. Se compararon primero los resultados con aquellos obtenidos en los test de Barsch –que, seguramente, son más objetivos– y luego se hizo lo mismo, comparándolos con los resultados obtenidos en los procesos de autoevaluación.

El análisis final reveló que en ninguno de los dos casos había una relación significativa entre el estilo de aprendizaje preferido y lo memorizado. Así, por ejemplo, los resultados de la autoevaluación y del test de Barsch arrojaron un porcentaje de un 40 y un 60 % de alumnos «visuales», respectivamente, mientras que un 16 y un 8 % resultaron «cenestésicos». Sin embargo, tras completarse las pruebas de memoria, solo un 23 % de los participantes realizaron mejor las pruebas visuales, y un 52 % lo hicieron con las cenestésicas.

Los autores de la investigación señalaron que, contrario a lo que sugiere la teoría de los estilos de aprendizaje, los estudiantes aprenden mejor cuando utilizan las tres

modalidades sensoriales, por lo que los esfuerzos de los docentes por centrarse en los estilos de aprendizaje son baldíos.

En relación con la sugerencia de utilizar un enfoque multisensorial para mejorar el aprendizaje, Massa y Mayer (2006) realizaron unos experimentos reveladores. En el primero de ellos, practicado con estudiantes universitarios, se comprobó que los participantes «visuales» no aprenden mejor una unidad didáctica presentada a través de ordenador, con un predominio de ayudas visuales, y que los alumnos «verbales» tampoco lo hacen cuando la unidad se presenta con un predominio de ayudas mediante explicaciones. Este experimento se repitió, con resultados similares, para el caso de adultos sin estudios universitarios. Finalmente, en un tercer experimento se quiso replicar el primero, con dos condiciones experimentales diferentes: en un caso se suministraba la unidad con ayudas visuales y verbales; en el otro, no había ningún tipo de ayudas. Podría pensarse que en el primer caso los alumnos «visuales» se beneficiarían de la aparición de múltiples imágenes representativas, mientras que en el segundo lo harían los «verbales», debido al predominio de explicaciones durante la unidad. Sin embargo, los resultados no avalaron la idea de que los alumnos deban recibir enseñanzas diferenciadas en el contexto multimedia de la investigación citada.

También son muy interesantes unos estudios en los que se demostró que algunos niños con dificultades para aprender a leer –pues les era difícil asociar los sonidos de las letras con su representación– mejoraron cuando se los enseñó a palpar las letras con la punta de los dedos (Bara *et al.*, 2006). Al unir el tacto con la presentación visual de la palabra, y con el sonido de esta, los niños identifican y diferencian las letras sin necesidad de mirarlas, por lo que integran la información visual, auditiva y táctil en una actividad cognitiva importante a través de la memoria de trabajo. Unidos, los sentidos potencian la información y su asimilación.

En una revisión reciente (Pashler *et al.*, 2008, y Rohrer y Pashler, 2012), los investigadores identificaron los criterios experimentales que debe cumplir un estudio para probar eficazmente la validez de los estilos de aprendizaje. Según los autores, los estudiantes deben primero dividirse en grupos según sus estilos de aprendizaje; después, unos pocos de cada uno de los grupos elegidos de forma aleatoria podrán recibir la correspondiente enseñanza. Luego debe practicarse la misma prueba con el fin de evaluar el rendimiento de todos los participantes. Finalmente, para demostrar los beneficios del aprendizaje, debe comprobarse que el método de enseñanza más efectivo para alumnos con un estilo de aprendizaje no sea el más efectivo para otros con un estilo distinto.

Con el fin de ilustrar el diseño y el tipo de resultado necesarios para demostrar la validez de la teoría de los estilos de aprendizaje, analizaremos un estudio hipotético. A través de unos cuestionarios, los participantes son divididos en «visuales», «auditivos» o «cenestésicos» según los resultados obtenidos en las pruebas. Posteriormente, con independencia de la evaluación anterior, los participantes son asignados de forma aleatoria con la intención de recibir una enseñanza adaptada a cada uno de los estilos de aprendizaje. Esto significa que algunos alumnos recibirán una enseñanza «adecuada»,

mientras otros recibirán la «errónea». Finalmente, para analizar su aprendizaje, a todos los participantes en la investigación debe suministrárseles la misma prueba. En este hipotético caso, los resultados avalarán la enseñanza basada en los estilos de aprendizaje si los análisis de las pruebas finales revelan que los alumnos «visuales» obtienen mejores resultados cuando la enseñanza concuerda con sus preferencias, es decir, «visual», en lugar de «auditiva» o «cenestésica», y de forma análoga para los otros dos tipos de alumnos. En caso de que no se observen estos resultados, tanto los alumnos «visuales» como los «auditivos» o «cenestésicos» aprenderán mejor con el mismo tipo de enseñanza, lo que contradirá lo propuesto por la teoría de los estilos de aprendizaje.

Pues bien, los autores de la investigación arriba citada comprobaron que, a pesar de la abundante literatura sobre estilos de aprendizaje, solo tres estudios utilizaron un diseño experimental adecuado, aunque de ninguno de ellos se puede deducir que la enseñanza basada en los estilos de aprendizaje sea beneficiosa.

Reflexiones sobre el mito de los estilos de aprendizaje

El enfoque de los estilos de aprendizaje parte del supuesto implícito de que, puesto que la información visual, auditiva o cenestésica se procesa en regiones diferentes de la corteza cerebral, y de forma independiente, es lógico clasificar a los alumnos según la modalidad sensorial que utilizan más eficientemente para interpretar información. Sin embargo, el proceso perceptivo no se limita a una simple captación de estímulos externos. Aunque las regiones sensoriales de la corteza cerebral crean representaciones neurales de los estímulos, es en las áreas del lóbulo frontal, asociadas con la memoria de trabajo, donde creamos la percepción como un proceso unitario y con sentido, pues allí combinamos la información sensorial con la almacenada en la memoria a largo plazo. Y es este funcionamiento natural del cerebro –que mantiene conectadas diversas regiones en permanente actividad– el que imposibilita que nos centremos en una única modalidad sensorial, pues entre la corteza auditiva primaria del lóbulo temporal, la corteza somatosensorial primaria del lóbulo parietal y la corteza visual primaria del lóbulo occipital hay una cantidad enorme de conexiones neurales. En relación con este proceso de integración sensorial, se ha demostrado que la circunvolución angular es una estructura cerebral que interviene en esta síntesis sensorial, al ensamblar información sobre la visión, la audición y el tacto para permitir la construcción de las percepciones de alto nivel (Ramachandran, 2012). Los pacientes con daños en esta estructura tienen dificultades para nombrar las cosas –aunque puedan reconocerlas–, y con la aritmética, una materia que requiere especialmente de la integración multisensorial, como cuando el niño aprende a contar con los dedos.

Veamos un ejemplo simple, que demuestra la ineficacia del modelo de los estilos de aprendizaje. Pensemos en un niño de seis años al que se le muestran dos conjuntos con muchos puntos incluidos que hacen difícil su conteo, y se le pregunta cuál de ellos tiene mayor número de puntos. Si las cantidades no son cercanas, el niño no tendrá dificultad en dar una respuesta correcta. Pero ¿qué ocurre si reemplazamos los puntos de los conjuntos por una cantidad equivalente de sonidos emitidos rápidamente, para evitar su conteo? Pues no habría diferencias en la precisión de las respuestas. Sustituir los elementos visuales por auditivos no conlleva ninguna diferencia (Geake, 2008). Como comentábamos, hay buenas razones evolutivas que justifican la interconectividad entre las distintas modalidades sensoriales del cerebro humano para procesar información.

Lo cierto es que asumir que hay estilos de aprendizaje supone múltiples situaciones paradójicas. ¿Qué hace el profesor de música con los alumnos «visuales» y «cenestésicos»? Y ¿el de arte con los «auditivos» y «cenestésicos»? Y ¿qué hacer en el laboratorio con los alumnos «visuales» y «auditivos»?

Imaginemos que en la clase de física los alumnos deben aprender la fórmula $F = ma$, que corresponde a la segunda ley de Newton, en la que F es fuerza, m , masa y a , aceleración. El alumno «visual» verá las letras y los símbolos de la fórmula escrita, el «auditivo» escuchará al profesor, pero, por ejemplo, para el «cenestésico» será

complicado tocar la fórmula. ¿Aprenderán la fórmula a partir de la observación, la escucha o el tacto? La respuesta es clara. Los estímulos sensoriales no tienen un significado por sí mismos. La comprensión y el aprendizaje requieren ir más allá de la percepción, e interpretar y dotar de significado los estímulos sensoriales. Es decir, se requiere un logro intelectual: el de procesar y aprender el significado de lo percibido.

Imaginemos que enseñamos a un alumno «visual» –puesto que somos primates, procesamos mejor este tipo de información– una serie de imágenes de laboratorio relacionadas con una reacción química determinada. Como consecuencia de su poderosa memoria visual, el alumno podrá retener muchos detalles «visuales» que ilustren el proceso, pero eso no significa que termine por comprender mejor el significado de lo que realmente está sucediendo. Y, por supuesto, el hecho de que un alumno sea «visual» no significa que haya de considerársele un alumno «visual», en el sentido dado por la teoría de los estilos de aprendizaje.

Pensemos en dos alumnos, uno con gran memoria visual y otro con gran memoria auditiva. Supóngase que suministramos a ambos dos listas con palabras nuevas que deben aprender. Para la primera lista, escuchan varias veces una grabación con las palabras y sus definiciones; para la segunda, observan diapositivas de cada una de ellas. Cuando se analizan los resultados, comprobamos que el alumno «auditivo» no retiene mejor la información dada de forma auditiva, pues lo que se está probando no es el sonido, sino el significado de las palabras. Asimismo, el alumno «visual» reconocerá mejor los detalles de las imágenes, pero esto no le permitirá aprender mejor las palabras (Willingham, 2011).

Entonces, surge la siguiente pregunta: ¿cómo es posible que, a pesar de la falta de evidencias que sustenten la teoría de los estilos de aprendizaje, este neuromito se mantenga tan arraigado entre los miembros de la comunidad educativa y que, incluso, no se dude de su veracidad?

Según Riener y Willingham (2010) esto se debe a que algunos de los supuestos generales en los que se basa la teoría –como el hecho de que los alumnos cuentan con distintas capacidades– son ciertos, y eso lleva a que se hagan falsas interpretaciones. Por ejemplo, si un profesor enseña a sus alumnos el modelo atómico de Bohr a partir de una analogía con el sistema solar, e incluso les enseña imágenes comparativas en las que se percibe la similitud entre los niveles atómicos y las órbitas planetarias, se podrá interpretar que los alumnos que han comprendido el concepto son «visuales», cuando lo cierto es que la estrategia pedagógica elegida es buena para facilitar ese proceso.

Y es que, cuando una idea forma parte de la sabiduría popular y nos convencemos de que es así, tendemos a interpretar de forma inconsciente cualquier situación ambigua atendiendo a nuestras creencias previas. Dicha disonancia cognitiva.

Implicaciones educativas

La importancia de la diversidad en el aula

El hecho de que no se haya comprobado la validez de la teoría de los estilos de aprendizaje no significa que debamos pensar que todos los alumnos son iguales y aprenden de la misma forma. Cada alumno es diferente, con fortalezas individuales y un ritmo de aprendizaje particular. Es evidente que, para atender de forma adecuada esta diversidad en el aula, debemos considerar las capacidades, los intereses, las motivaciones y los conocimientos previos de los alumnos, con lo que se diversificarán las estrategias pedagógicas. Así, por ejemplo, si queremos fomentar la lectura en un alumno entusiasmado por las matemáticas, será más productivo que le permitamos leer la biografía de Gauss y no la de Tolstói.

Desde esta perspectiva, es imprescindible recurrir a una evaluación formativa, cuya finalidad es regular el aprendizaje del alumno, y en la que se adaptan sus estrategias. No es lo mismo utilizar una metodología de aprendizaje basada en proyectos que restringirse sin más a la evaluación calificadora de exámenes tradicional.

Cuidado con las etiquetas

Está claro que los profesores que se remiten a los estilos de aprendizaje etiquetan a sus alumnos –«visuales», «auditivos» o «cenestésicos»— según su perspectiva subjetiva, sin considerar que con el paso del tiempo pueden cambiar y mejorar su forma de reflexionar y de razonar. Algo similar ocurre cuando se considera que un alumno es muy inteligente o creativo –o lo contrario-. Lo cierto es que este tipo de categorizaciones inciden de forma negativa en el aprendizaje de muchos alumnos, pues perjudican el concepto académico de sí mismos. Y no solo eso, además de condicionar las expectativas positivas sobre el rendimiento del alumno en perjuicio de su aprendizaje (efecto Pigmalión), estas creencias están alejadas de las últimas investigaciones en neurociencia sobre la plasticidad cerebral, que demuestran que nuestro maleable cerebro, en continua reestructuración, garantiza la mejora académica de cualquier alumno.

Cada materia tiene sus particularidades

En el aula, lo importante no es detectar la modalidad sensorial que mejor se adapte al aprendizaje del alumno, sino recurrir a los mejores materiales de que dispongamos para enseñar una materia. Así, por ejemplo, en una clase de geología es necesario tocar las rocas y los minerales. Para apreciar los detalles de una obra arquitectónica, será más efectivo enseñar una fotografía que escuchar una descripción verbal de esta. Y en esto no influye el hecho de que un alumno tenga mayor memoria auditiva. Sin olvidar, como comentábamos arriba, que almacenanos la información por su significado.

Enfoque multisensorial

De acuerdo con lo que conocemos del funcionamiento del cerebro y la gran cantidad de conexiones neurales entre distintas regiones cerebrales, facilitamos el aprendizaje cuando los materiales curriculares se presentan en múltiples modalidades sensoriales. Junto con otros aspectos emocionales, cognitivos o psicológicos, con estos materiales los sentidos se potencian mutuamente. Así, por ejemplo, el aprendizaje y la práctica de un nuevo idioma requieren de un uso coordinado de lo visual, lo auditivo y lo cenestésico, así como de la memoria, la emoción, la voluntad, la reflexión y la imaginación.

Los programas educativos basados en la conveniencia de enseñar a los alumnos a partir de la estimulación visual, auditiva o cenestésica no tienen el sustento empírico de las investigaciones científicas. Según estas, es más efectivo combinar estilos y estrategias pedagógicas en las que intervengan diferentes estímulos sensoriales, favoreciendo la interconectividad entre las diferentes regiones cerebrales. Asimismo, las personas utilizamos procedimientos diferentes para procesar la información, que dependen de los contextos de aprendizaje. Es lógico que en un curso de ortografía se haga más énfasis en cuestiones verbales, mientras que en uno de geometría predominarán los contenidos visuales.

El mito de los estilos de aprendizaje no niega la necesidad de atender de forma adecuada la diversidad en el aula. Aunque sea inútil etiquetar a los alumnos como «visuales», «auditivos» o «cenestésicos», sí que es imprescindible adaptar las estrategias pedagógicas a la materia que se estudia, y ser conscientes de los conocimientos de los alumnos sobre esta o de cuáles son sus intereses personales. El proceso de aprendizaje se verá beneficiado si atendemos a los múltiples factores que intervienen en este, ya sean cognitivos, emocionales, psicológicos, culturales, etcétera.

Los nuevos tiempos y las nuevas necesidades educativas requieren, más que nunca, que los profesores nos convirtamos en investigadores en el aula, capaces de analizar y de evaluar con espíritu crítico cómo inciden las metodologías utilizadas en el aprendizaje de los alumnos. John Hattie (2012) lo resume muy bien: «¿Estrategias de aprendizaje? Sí. ¿Disfrutar del aprendizaje? Sí. ¿Estilos de aprendizaje? No». Nuevos tiempos y nuevas estrategias para aprender y disfrutar del aprendizaje.

Bibliografía

- BARA, F. *et al.* (2006), «La lectura y el tacto digital», *Mente y Cerebro*, 16, pp. 34-37.
- COFFIELD, F., *et al.* (2004), *Learning styles and pedagogy in post-16 learning: a systematic and critical review*, Londres, Learning and Skills Research Centre.
- GEAKE, J. (2008), «Neuromythologies in education», *Educational Research*, 50, pp. 123-133.
- HATTIE, J. (2012), *Visible learning for teachers. Maximizing impact on learning*, Nueva York, Routledge.
- 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*, 15, pp. 817-824.
- KAVALE, K. A., y FORNESS, S. R. (1987), «Substance over style: assessing the efficacy of modality testing and teaching», *Exceptional Children*, 54 (3), pp. 228-239.
- KRÄTZIG, G., y ARBUTHNOTT, K. (2006), «Perceptual learning style and learning proficiency: a test of the hypothesis», *Journal of Educational Psychology*, 98, pp. 238-246.
- MASSA, L. J., y MAYER, R. E. (2006), «Testing the ATI hypothesis: should multimedia instruction accommodate verbalizer-visualizer cognitive style?», *Learning and Individual Differences*, 16, pp. 321-336.
- PASHLER, H. *et al.* (2008), «Learning styles: concepts and evidence», *Psychological Science in the Public Interest*, 9.
- RAMACHANDRAN, V. S. (2012), *Lo que el cerebro nos dice: los misterios de la mente humana al descubierto*, Barcelona, Paidós.
- RIENER, C., y WILLINGHAM, D. (2010), «The myth of learning styles», *Change: The magazine of higher learning*, 42 (5), pp. 32-35.
- ROHRER, D., y PASHLER, H. (2012), «Learning styles: where's the evidence?», *Medical Education*, 46 (7), pp. 634-635.
- WILLINGHAM, D. (2011), *¿Por qué a los niños no les gusta ir a la escuela? Las respuestas de un neurocientífico al funcionamiento de la mente y sus consecuencias en el aula*, Barcelona, Graó.

3.

Rutinas y asombros. ¿Aprendemos solo de la novedad?, por *Anna Forés y Teresa Hernández*

Neuromito: Para aprender, es necesario movernos en nuestra zona de confort.

«Atención» es un término derivado del latín *attendere*, que significa «tender hacia»; la atención nos conecta con el mundo y modela y define nuestras experiencias. Las investigaciones en neurociencia han demostrado que para mejorar el aprendizaje de un estudiante este debe reflexionar, indagar y relacionar los conceptos novedosos con sus conocimientos; en definitiva, ponerlos en contacto, relacionarlos y profundizarlos. Esto no es una novedad, pero pasa a veces desapercibido en el día a día del aprendizaje en las aulas y la escuela.

Para aprender se requiere de una mente concentrada, y esto se consigue si el cerebro (en concreto, la corteza prefrontal) es capaz de conectar diferentes circuitos cerebrales e inhibir otros irrelevantes y fuentes de distracción. La atención que facilita el aprendizaje necesita de un esfuerzo continuo, que requiere autocontrol, motivación, que se consigue a través de lo novedoso o relevante, y emociones adecuadas, es decir, positivas.

¿Cómo funcionan los mecanismos de atención y concentración? ¿El aprendizaje se da solo si hay novedad o también si hay rutina? ¿Aprendemos si disponemos solo de entornos estimulantes, motivadores y novedosos?

Asombro, volver a ilusionarnos, querer saber, el gozo intelectual o rascar donde no pica

Muchas experiencias relacionadas con la ilusión forman parte de nuestra vida. Ilusionarse tiene que ver con acciones como soñar, esperanzar, animar, alentar y desear. Con la capacidad de asombrarse. Cuando somos niños nos sorprendemos de las cosas de manera más simple, porque nos asombramos de lo desconocido, de lo que nos genera curiosidad, de lo que hay por descubrir. Con los años, perdemos esta capacidad de comprender y de reconocer el mundo y todo lo que nos envuelve.

Aprender empieza por una curiosidad, por un «querer saber», por acercarse a algo desconocido, mirar más allá, más adentro, más cerca; por algo que capta nuestra atención. La forma directa de captarla es a través de la novedad. La curiosidad activa los circuitos emocionales del cerebro que nos permiten estar atentos, con lo que se facilita el aprendizaje. En la práctica, lo hacemos a partir de preguntas abiertas, retos, tareas activas, a través de las metáforas, las incongruencias o, simplemente, a partir de historias que inviten a la reflexión. Hay también mecanismos inconscientes que permiten mantener la atención, que, se cree, son incluso importantes en la resolución creativa de problemas.

Despertar las ganas de saber es un ejercicio de «rascar donde no pica», expresión recogida por Estupinyà (2013) en su libro *El ladrón de cerebros*, que hace referencia al hecho de dejarse seducir por nuevos intereses, además de los que ya se tienen. Se trata de mantener un espíritu de búsqueda constante entre lo desconocido y de permitir que la curiosidad sea la que guíe el aprendizaje, un aprendizaje que nos ha de llevar, según Jorge Wagensberg (2007) al «gozo intelectual», aquel que ocurre en el momento exacto de una nueva comprensión o de una nueva intuición.

¿Cómo conseguimos este gozo intelectual? Con el asombro, en el sentido autopoietico que planteó Maturana (1997). En su libro *Educar en el asombro* (2012), L'Ecuyer señala que esta tarea, la de educar en el asombro, consiste en respetar la libertad del niño, contando con él en el proceso educativo, respetando sus ritmos, y fomentando el silencio y el juego libre. El aprendizaje se origina desde dentro, y el mecanismo desde el cual deseamos conocer se llama «asombro». Según Assmann (2002), educar es crear el descubrimiento de lo nuevo; de otra forma no se llama «aprender». Según esta perspectiva de generación del aprendizaje, educar es crear continuamente nuevas condiciones iniciales que transformen el espectro de posibilidades para afrontar la realidad. Pero ¿pasa todo por la novedad?

Hemisferios cerebrales y diferencia entre novedad y rutina cognitiva

En *El cerebro ejecutivo* (2015), Goldberg nos explica, de manera clara y precisa, la diferencia entre los hemisferios cerebrales ante la novedad y el aprendizaje. Según Goldberg, ligar la novedad del hemisferio derecho con las rutinas del hemisferio izquierdo obliga a pensar en el cerebro de una forma completamente nueva. Las novedades y las rutinas son relativas. Lo que en un momento es novedoso, en un periodo de tiempo relativamente corto, o incluso en un instante, puede volverse rutinario. Por lo tanto, Goldberg sostiene que la relación entre los dos hemisferios debe ser dinámica, debido al desplazamiento gradual del hemisferio derecho hacia el izquierdo. Asimismo, lo que para una persona puede ser novedoso para otra puede ser una situación o un concepto ya aprendido.

Mediante el uso de la neuroimagen funcional, un número creciente de estudios han recurrido a las tecnologías modernas, como la imagen funcional por resonancia magnética (fMRI), la tomografía de emisión de positrones (PET) y la tomografía computarizada de emisión de fotón único (SPECT). La evidencia obtenida con estos métodos reafirma la unión íntima entre el hemisferio derecho (HD) y la novedad, y entre el hemisferio izquierdo (HI) y la rutina. Así pues, la novedad se relaciona con el HD hasta el momento en que pasa a ser rutina, y a partir de allí se reubica en el HI. Shadmehr y Holcomb (1997) estudiaron las correlaciones PET y RCBF (*regional cerebral blood flow*; es decir, el flujo sanguíneo de una región cerebral) con el aprendizaje de una habilidad motora compleja, en la que se requiere que el sujeto prediga y domine el comportamiento de un aparato robótico. Durante las etapas tempranas del aprendizaje se notó un incremento de actividad –con respecto a la condición base– en la corteza frontal derecha –giro central medio–. Durante las etapas de entrenamiento tardías, en cambio, se notó un incremento de la actividad –con respecto a las primeras– en la corteza parietal posterior izquierda, la corteza premotora dorsal izquierda y la corteza cerebelar anterior derecha.

Atención y concentración

La atención es un mecanismo imprescindible para el aprendizaje, y significa suscitar la curiosidad (Mora, 2013). Y esto es así debido a que, aunque nos cuesta reflexionar, pues eso conlleva un gasto energético, los seres humanos somos curiosos por naturaleza.

Los experimentos con neuroimagen funcional de Raichle y sus colegas (1994) ilustraron la relación entre los lóbulos frontales y la novedad. Estos experimentos demostraron que hay una fuerte relación entre la novedad de una tarea y el flujo sanguíneo en los lóbulos frontales, pues este alcanza su tope cuando la tarea es nueva, su mínimo cuando la tarea es familiar y se mantiene intermedio cuando la tarea es parcialmente nueva.

William James, uno de los fundadores de la psicología moderna, definió la atención como la posesión de la mente de uno entre varios objetos o cadenas de pensamientos simultáneamente posibles. La atención nos obliga a desconectarnos de las distracciones emocionales; por lo tanto, los circuitos neuronales implicados en ella incluyen mecanismos de inhibición emocional. El asiento neuronal de la capacidad de permanecer con la atención centrada en un objetivo, ignorando otros estímulos, reside en las regiones prefrontales del cerebro. La concentración es un paso más. Davidson y Begley (2012) descubrieron que, en los momentos de mayor concentración, los circuitos cerebrales de la corteza prefrontal se sincronizan con el objeto de esa emisión de conciencia, un estado denominado «cierre de fase».

La atención concentrada mejora el aprendizaje. Cuando nos concentraremos en lo que estamos aprendiendo, el cerebro relaciona la nueva información con la que ya conocemos y establece nuevas conexiones neuronales.

Atención superior y atención inferior

En su libro *Focus* (2013), Goleman distingue dos tipos de atención: la superior y la inferior. La expresión «ascendente», de abajo arriba, hace referencia a las operaciones que lleva a cabo la maquinaria neuronal del cerebro inferior; la «descendente», de arriba abajo, se refiere a la actividad mental, de origen neocortical, que controla e impone sus objetivos sobre el funcionamiento subcortical. La atención voluntaria, la voluntad y la decisión intencional emplean los circuitos de arriba abajo. En cambio, la atención reflexiva, el impulso y los hábitos rutinarios lo hacen de abajo arriba.

Tabla 1. Adaptación de Goleman (2013)

Abajo arriba, ascendente	Arriba abajo, descendente
Más rápida en tiempo cerebral	Más lenta
Involuntaria y automática	Voluntaria
Intuitiva	Esforzada
Motivada por impulsos y emociones	Asiento del autocontrol
Se ocupa de rutinas habituales	Rutinas automáticas
Gestiona modelos mentales del mundo	Aprender nuevos modelos, esbozar nuevos planes. Autoconciencia, reflexión

Cuanto más nos ejercitamos en una rutina determinada, hay mayor participación de los ganglios basales en detrimento de otras regiones del cerebro. La distribución de las tareas mentales entre circuitos ascendentes y descendentes se rige por un criterio según el cual con el mínimo esfuerzo se obtiene el máximo resultado. Todas las actividades requieren de una atención deliberada, pero cuando se consigue la familiaridad, acaba simplificándose la tarea, y la transferencia neuronal, cuanto más automática, menor atención requiere.

Si bien algunas rutinas las ejercemos de forma mecánica, no siempre –ni todas– las realizamos inconscientemente. Cuando tenemos una atención plena (*mindfulness*) en aquello que hacemos, podemos valorar la actividad o mejorar la práctica, con lo que obtendremos un aprendizaje de la rutina habitual.

Y con toda esta información, ¿qué hacemos?

Si no se puede mantener la atención, una conclusión evidente en el ámbito educativo sería dividir la clase en bloques diferentes de diez o máximo quince minutos, con el fin de optimizar el aprendizaje. Desde la perspectiva de la atención, el bloque inicial resulta crucial, por lo que este debería dedicarse a analizar las cuestiones más importantes. Podríamos destinar los siguientes bloques a otras tareas, como debatir y reflexionar sobre lo visto o dedicarlas al trabajo cooperativo. Al final de las sesiones, sería interesante llevar a cabo alguna actividad de cierre, como, por ejemplo, hacer un resumen, un mapa conceptual o mantener un simple debate entre compañeros, que permita analizar y reflexionar sobre lo que se ha trabajado durante la clase.

Hoy sabemos que la atención no constituye un proceso cerebral único; hay diferentes redes de atención que hacen que intervengan circuitos neuronales y regiones cerebrales concretas. Según el modelo de Posner y Rothbart (2007), hay tres redes neurales o sistemas de regiones cerebrales interconectadas:

- Una red que nos permite alcanzar y mantener un estado de alerta. Por ejemplo, cuando el estudiante queda sorprendido ante el desenlace de un experimento de laboratorio.
- Una red que permite orientar la atención y seleccionar la fuente del estímulo sensorial. Por ejemplo, cuando el estudiante busca en clase al compañero con el que tiene que realizar la práctica de laboratorio.
- Una red ejecutiva, relacionada con los procesos de control, que suministra la base del comportamiento voluntario y que permite regular pensamientos, emociones o acciones. Por ejemplo, cuando el estudiante intenta resolver el problema que se plantea en el informe de las prácticas de laboratorio.

En un famoso estudio (Rueda *et al.*, 2005), se diseñaron ejercicios de entrenamiento para ayudar a niños de entre cuatro y seis años a mejorar su atención ejecutiva, pues se ha demostrado que esta red de atención se desarrolla de forma drástica entre los dos y los siete años.

En estas pruebas, mediante el uso de una palanca de mando, los niños aprendieron a controlar a un gato que debía mantenerse fuera de la lluvia (a), moverse hacia la hierba (b) y atrapar a un pato cuando este saliera del agua (c).

El grupo experimental y el de control tenían doce niños cada uno; la investigación se realizó durante cinco días de entrenamiento, en sesiones que duraron entre treinta y cuarenta minutos. Pues bien, con esa pequeña práctica de solo cinco días, los resultados demostraron una mejora importante tanto en la atención ejecutiva como en la inteligencia de los niños. Los autores sugirieron, por lo tanto, que este tipo de entrenamiento a partir de videojuegos puede resultar especialmente útil para niños con un perfil atencional bajo o para aquellos que padecen de algún trastorno del aprendizaje, y no descartaron su utilidad para cualquier tipo de estudiante. Aunque se desconoce con

precisión cuánto tiempo puede durar el favorecimiento de estos mecanismos cerebrales en la atención ejecutiva, un estudio posterior reveló que los efectos beneficiosos se observaron al menos dos meses después (Rueda *et al.*, 2012). Seguramente, entrenamientos más duraderos podrán alargar estos períodos temporales.

Cuando las emociones positivas nos impregnán de energía, podemos concentrarnos mejor, empatizar más, ser más creativos y mantener el interés por las tareas (Davidson y Begley, 2012). Al respecto, Richard Boyatzis señala: «Hablar de sueños y metas positivas estimula centros cerebrales que nos abren nuevas posibilidades. Pero si la conversación cambia a lo que deberíamos corregir en nosotros, esos centros se desactivan» (Goleman, 2013).

Implicaciones educativas

El inicio de la clase es clave

Los seres humanos recordamos mejor lo que ocurre al principio, por lo que el comienzo de la clase es un momento que hay que aprovechar. Tradicionalmente, se utilizan los primeros minutos de las clases para corregir los deberes del día anterior; sin embargo, deberían utilizarse para introducir o analizar los conceptos más novedosos y relevantes. Es esa novedad, que despierta la curiosidad, la que activa las redes atencionales de alerta y orientativas del estudiante, y que le sirven para abrir el foco de atención, no para mantenerlo.

Por ejemplo, podríamos iniciar una clase, al modo socrático clásico, con una pregunta provocadora relacionada con un problema real –que motive al estudiante y que le permita iniciar un proceso de investigación– en el que se sienta un protagonista activo.

Se aprende mejor en plena naturaleza y mediante el juego

Intentar mantener la atención durante períodos de tiempo prolongados agota determinados neurotransmisores de la corteza prefrontal. Sin embargo, se ha demostrado que un simple paseo en un entorno natural es suficiente para recargar de energía determinados circuitos cerebrales que permiten recuperar la atención y la memoria y que mejoran los procesos cognitivos (Berman *et al.*, 2008).

Incluso niños con TDAH han mostrado cierta reducción de sus síntomas al estar en contacto con la naturaleza (Kuo y Faber Taylor, 2004). Nosotras mismas hemos podido comprobar cómo un estudiante con déficit de atención, que continuamente se distraía en clase al intentar resolver un problema matemático, poco tiempo después estaba totalmente concentrado en una carrera de atletismo que iba a disputar. Y es que la neurociencia ha demostrado la importancia del juego y la actividad física en el aprendizaje, más si se da en entornos naturales.

La atención requiere autocontrol

Sin el funcionamiento adecuado de las funciones ejecutivas no es posible prestar atención al estímulo apropiado, por lo que se dificulta el aprendizaje. En este sentido, recurrir a actividades artísticas resulta muy útil para mejorar el autocontrol. Por ejemplo, al tocar un instrumento musical o participar en una obra de teatro, el estudiante puede mejorar la atención ejecutiva, pues esas actividades le permiten centrarse y eliminar estímulos irrelevantes. Asimismo, es importante promover la metacognición del estudiante a través de actividades en las que debe reflexionar sobre lo que hace y aprende –por lo que los proyectos son muy útiles– y tomar conciencia de lo que hace y sabe.

Mindfulness en el aula

En línea con lo explicado, se ha demostrado que el *mindfulness* mejora la actividad de los circuitos de la corteza prefrontal, fundamentales para mantener la atención, y la de

otros de la corteza parietal que dirigen la atención y la centran en un objetivo específico. A esto hay que añadir la mejora de la metacognición, el autocontrol o la relajación (Davidson y Begley, 2012), todos ellos factores imprescindibles en el desarrollo y el aprendizaje del estudiante. Esta técnica, integrada en programas de educación emocional, puede aplicarse perfectamente en el aula. El inicio de clase o el espacio de tutorías son ideales para implementar este tipo de programas, aunque su eficacia dependerá del grado de participación o implicación de todo el profesorado.

Los entornos estimulantes favorecen el aprendizaje, pero no lo aseguran

Diseñar actividades variadas, utilizando distintos recursos y formatos de presentación de los contenidos, y plantear dinámicas participativas y lúdicas nos ayudará a hacer más atractivas y motivantes las clases. Sin embargo, es importante no sobrecargarlas de novedades y estímulos. Es necesario dar espacio y contar con la actitud curiosa innata de los niños (L'Ecuyer, 2012). El deseo y las ganas de saber y de conocer nos asegurarán el aprendizaje.

Se trata, pues, de sugerir o iniciar un camino para que, a partir de ahí, las preguntas y los intereses de los niños pauten y enriquezcan la actividad. Así, el papel del educador pasará a ser el de facilitador y acompañante en el proceso de aprendizaje.

Lo anterior se podría plantear en las palabras del filósofo y ensayista español José Ortega y Gasset: «Sorprenderse y maravillarse es comenzar a entender». No desaprovechemos el don ni sofoquemos la chispa de la curiosidad (Robinson, 2013). Seamos facilitadores y acompañantes de la aventura de descubrir, desde la sensibilidad, sin estimular en exceso, de manera que los niños se planteen preguntas, lo que les permitirá adquirir y mantener la capacidad de la curiosidad a lo largo de su vida, capacidad que, muy a menudo, los adultos dejamos de usar.

Bibliografía

- ASSMANN, H. (2002), *Placer y ternura en educación. Hacia una sociedad aprendiente*, Madrid, Narcea.
- BERMAN, M. *et al.* (2008), «The cognitive benefits of interacting with nature», *Psychological Science*, 19, pp. 1.207-1.212.
- DAVIDSON, R., y BEGLEY, S. (2012), *El perfil emocional de tu cerebro*, Barcelona, Destino.
- ESTUPINYÀ, P. (2013), *El ladrón de cerebros*, Barcelona, Debolsillo.
- GOLDBERG, E. (2015), *El cerebro ejecutivo*, Barcelona, Crítica.
- GOLEMAN, D. (2013), *Focus. Desarrollar la atención para alcanzar la excelencia*, Barcelona, Kairós.
- GUILLÉN, J. (2012), «La atención: un recurso limitado», Escuela con Cerebro. <<https://escuelaconcerebro.wordpress.com/2012/03/04/la-atencion-un-recurso-limitado/>>.
- JENSEN, E., y SNIDER, C. (2013), *Turnaround tools for the teenage brain*, San Francisco, Jossey-Bass.
- KUO, F., y FABER TAYLOR, A. (2004), «A potential natural treatment for attention-deficit/hyperactivity disorder: evidence from a national study», *American Journal of Public Health*, 94, pp. 1.580-1586.
- L'ECUYER, C. (2012), *Educar en el asombro*, Barcelona, Plataforma Editorial.
- MATURANA, H. R. (1997), *De máquinas y seres vivos. Autopoiesis: la organización de lo vivo*, Santiago de Chile, Editorial Universitaria.
- MORA, F. (2013), *Neuroeducación. Solo se puede aprender aquello que se ama*, Madrid, Alianza.
- POSNER, M. I., y ROTHBART, M. K. (2007), «Educating the human brain», *American Psychological Association*.
- RAICHLE, M., *et al.* (1994), «Practice-related changes in human brain functional anatomy during nonmotor learning», *Cerebral Cortex*, 4 (1), pp. 8-26.
- ROBINSON, K. (2013), «How to escape education's death valley», TED Talks Education. <http://www.ted.com/talks/ken_robinson_how_to_escape_education_s_death_valley>.
- RUEDA, M. R., *et al.* (2005), «Training, maturation, and genetic influences on the development of executive attention», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102, pp. 14.931-14.936.
- RUEDA, M. R., *et al.* (2012), «Enhanced efficiency of the executive attention network after training in preschool children: immediate changes and effects after two months», *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2, S192-S204.
- SHADMEHR, R., y HOLCOMB, H. (1997), «Neural correlates of motor memory consolidation», *Science*, 277 (5.327), pp. 821-825.
- WAGENSBERG, J. (2007), *El gozo intelectual*, Barcelona, Tusquets.

4.

Dos hemisferios, dos mentes: ¿dos estilos de aprendizaje?, por *Anna Forés*

Neuromito: Hay que guiar la enseñanza de los niños según el hemisferio cerebral predominante.

Muchos textos y programas educativos animan a los profesores a detectar cuál de los hemisferios cerebrales de sus alumnos predomina con el fin de mejorar la enseñanza y facilitar su aprendizaje. Según esto, el alumno más intuitivo estará más influido por su hemisferio derecho, mientras que el más analítico lo estará por el izquierdo; si se consideran estas particularidades de sus estilos cognitivos, podrán mejorar su aprendizaje. Pero ¿existen realmente dos hemisferios cerebrales que trabajan de forma independiente? Y ¿podemos clasificar a los alumnos como de «cerebro izquierdo» o «derecho» con el fin de mejorar su aprendizaje? Lamentablemente, hay muchas creencias falsas al respecto, pero si interpretamos adecuadamente la información que nos suministran las investigaciones en neurociencia, podremos encontrar respuestas certeras a las preguntas planteadas.

Un poco de historia

En la década de 1960, los neurocirujanos utilizaron técnicas de escisión cerebral en pacientes humanos, que ya se habían utilizado con éxito en animales. Para aliviar los síntomas de la epilepsia, se seccionaba parte del cuerpo calloso de los pacientes y haces de fibras nerviosas que conectan ambos hemisferios y que permiten un tránsito continuo de información entre ellos. Roger Sperry, del Instituto Tecnológico de California –y quien años después sería Premio Nobel de Medicina–, y su discípulo, Michael Gazzaniga, realizaron una serie de experimentos que suministraron información relevante sobre el funcionamiento del cerebro. Por ejemplo, al primer paciente al que se le practicó la llamada «callosotomía», se le mostró una imagen que procesaría únicamente el hemisferio derecho –es decir, en el campo visual izquierdo, pues ya se sabía que cada hemisferio conecta la información con el lado contrario del cuerpo– y se le preguntó si veía algo. La respuesta del paciente, quien manifestó no ver nada, colmó positivamente las expectativas de los investigadores. Respondió esto porque, al no poder transmitir la información mediante el cuerpo calloso del hemisferio derecho, que veía la imagen, al izquierdo, encargado del habla, no podía describir verbalmente la respuesta. En otro experimento con otro paciente, se mostró a este la imagen de una bicicleta, que procesaría únicamente su hemisferio derecho, y se le preguntó si había visto algo. Aunque respondía de forma negativa, su mano izquierda era capaz de dibujar una bicicleta. Otro paciente mostraba que con la mano izquierda podía reconstruir un puzzle de colores que había visualizado su hemisferio derecho, mientras que no podía hacerlo con su mano derecha cuando se mostraban las piezas de colores únicamente a su hemisferio izquierdo. De hecho, un paciente llegó a sentarse sobre su mano izquierda para evitar que esta interviniere en la resolución del problema, pues con ella podía copiar imágenes tridimensionales, mientras que su mano derecha –con la que escribía– no podía dibujar un cubo (Gazzaniga, 2012).

La gran cantidad de experimentos realizados con estos pacientes revelaron que, en estas condiciones especiales, en las que los hemisferios trabajan de forma independiente, el hemisferio derecho es el creador, holístico y superior, de las habilidades espaciales y visuales, mientras que el hemisferio izquierdo es analítico, especializado en el lenguaje o la lógica.

Esta lateralización hemisférica fue confirmada en otro tipo de experimentos, practicados en personas normales, a quienes se inyectaba un anestésico, el amital sódico, en la arteria carótida. Cuando se inyectaba en la carótida izquierda, se anulaban temporalmente las funciones del hemisferio izquierdo; igual ocurría en la derecha. De esta forma, se comprobó que los diestros, al escribir –al igual que parte de los zurdos–, utilizaban el hemisferio izquierdo en las operaciones lingüísticas (Rubia, 2012). Y, más recientemente, con las técnicas modernas de visualización cerebral, se ha vuelto a confirmar esta especialización cerebral, aunque no se conocen cuáles son exactamente sus causas. Algunos autores creen que podría estar relacionado con el hecho de que las

fibras nerviosas en cada uno de los hemisferios son más cortas que las del cuerpo calloso, con lo que el retraso temporal, asociado con la comunicación entre hemisferios, podría limitar su cooperación y promover el desarrollo de la especialización de los hemisferios cerebrales (Sousa, 2011).

Interconectividad cerebral

El hecho de que algunas regiones específicas del cerebro se ocupen de funciones concretas, y de que determinadas actividades cerebrales puedan ocurrir predominantemente en un hemisferio u otro, significa que el cerebro tiene un comportamiento modular. Sin embargo, este modelo de explicación de la organización cerebral –que mediante módulos permite describir, por ejemplo, el funcionamiento de la corteza visual o auditiva– resulta insuficiente para explicar procesos cognitivos complejos que no están asociados con regiones del cerebro aisladas y que necesitan la integración de diferentes redes neurales. Lamentablemente, las famosas imágenes coloreadas, que nos proporcionan técnicas como la resonancia magnética funcional, no han ayudado a entender este proceso. Estas técnicas utilizan procedimientos estadísticos, y en las imágenes se muestran las regiones que son más activas durante el procesamiento de la tarea cognitiva, lo que no significa que no haya otras regiones que intervengan también en el proceso, aunque en menor medida. De hecho, todas las regiones del cerebro están activas y reciben el flujo sanguíneo correspondiente.

Las actividades de aprendizaje en el aula requieren de la integración necesaria de información entre el hemisferio izquierdo y el derecho, y de la interconexión de diferentes funciones que realiza el cerebro, en las que intervienen muchas regiones distintas. Por ejemplo, Geake (2008) cita las siguientes:

- Memoria de trabajo (corteza frontal).
- Memoria a largo plazo (hipocampo y otras regiones corticales).
- Toma de decisiones (corteza orbitofrontal).
- Gestión emocional (sistema límbico y áreas frontales asociadas).
- Secuenciación de la representación simbólica (giro fusiforme y lóbulo temporal).
- Interrelaciones conceptuales (lóbulo parietal).
- Entrenamiento de tareas motoras y conceptuales (cerebelo).

Por lo tanto, en cerebros normales los dos hemisferios no están aislados el uno del otro, sino que continuamente comparten información a través del cuerpo caloso. Es decir, el cerebro humano trabaja en paralelo y su actividad es permanente.

Analicemos algunos ejemplos concretos que revelan la participación de ambos hemisferios cerebrales, independientemente de que uno de ellos pueda intervenir de forma más activa en el proceso.

Lenguaje

¿Es lingüístico el hemisferio izquierdo?

Se considera que el lenguaje está lateralizado a la izquierda, pues áreas que intervienen en su producción (área de Broca) o en su comprensión (área de Wernicke), se localizan en la mayoría de las personas –incluidas las zurdas– en el hemisferio izquierdo. Sin embargo, en determinadas tareas lingüísticas el protagonismo también parece recaer sobre el hemisferio derecho. En un experimento en el que se midió la actividad cerebral extra cuando los participantes generaban verbos inusuales relacionados con sustantivos sugeridos (por ejemplo, «el perro pintó», en lugar de «el perro ladró»), se encontró que se activaban regiones amplias del hemisferio derecho (Seger *et al.*, 2000). El uso de una semántica menos usual, como en el caso del lenguaje metafórico, hace que participe activamente este hemisferio. En la práctica, al relatar, por ejemplo, una historia, intervienen diferentes redes neurales de todo el cerebro que nos permiten memorizar hechos, integrar conceptos o construir de forma adecuada frases; en definitiva, nos permiten integrar la información entre diferentes regiones cerebrales que pertenecen a ambos hemisferios.

Creatividad

¿Ser creativos depende del hemisferio derecho?

Un ejemplo de resolución creativa corresponde a lo que se conoce como *insight* –el famoso «¡eureka!»–, que nos permite encontrar, de forma repentina y sin ser conscientes del proceso, la solución a un problema con el que estábamos atascados y que no sabíamos cómo resolver. Cuando en estos procesos se han analizado los escáneres cerebrales, se ha encontrado una mayor actividad en una zona del hemisferio derecho: el giro temporal superior (Jung-Beeman *et al.*, 2004). Los autores de un estudio sugirieron que en el *insight* el hemisferio derecho facilitaba la asociación y la integración de la información de recursos diferentes, a diferencia del hemisferio izquierdo, que se caracteriza por un procesamiento de la información más fino o analítico, y que nos permite resolver problemas menos creativos. Sin embargo, hay evidencias que contradicen estos supuestos. Por ejemplo, cuando inventamos historias en las que objetos o fenómenos sin aparente relación acaban integrando una narrativa coherente, aumenta la activación del hemisferio izquierdo; incluso la constatación de que en general los zurdos, que tienen cerebros menos lateralizados que los diestros, suelen ser más creativos, estaría en consonancia con la idea de que la creatividad depende de la capacidad de integrar la información entre ambos hemisferios (Sherman, 2013).

Aritmética

¿Son los números o la lógica exclusivos del hemisferio izquierdo?

Hay una tendencia muy generalizada a creer que las operaciones numéricas –a veces, incluso, se hace mención de toda la matemática– o la lógica están asociadas exclusivamente con el hemisferio izquierdo y directamente relacionadas con las funciones lingüísticas. Lo cierto es que gracias –principalmente– a los estudios de Stanislas Dehaene (2011) sabemos que en los cálculos exactos se observa una mayor activación de las áreas del cerebro involucradas con el lenguaje, lo que no ocurre en los cálculos aproximados o las estimaciones, en los que se activa más el lóbulo parietal de ambos hemisferios. En relación con esto se ha identificado el uso de tres sistemas diferentes de procesamiento numéricos, y que activan áreas cerebrales distintas: un sistema verbal, en el que los números se representan mediante palabras («tres») y en el que se activa el giro angular izquierdo que interviene en los cálculos exactos; un sistema visual, asociado con los números arábigos conocidos («3»), que activa una región del lóbulo parietal relacionada con la atención, y un sistema cuantitativo («■ ■ ■»), que hace intervenir el surco intraparietal, una región cerebral muy importante en el procesamiento numérico. Pues bien, tanto en el sistema visual como en el cuantitativo intervienen áreas de ambos hemisferios cerebrales.

Música

¿Utiliza el músico solo su hemisferio derecho?

La idea de que el músico utiliza solo su hemisferio derecho es arraigada, pues, según esta, la producción musical es una manifestación clara de la comunicación no verbal. Sin embargo, las neuroimágenes demuestran que no solo hay diferencias en la activación de áreas primarias entre las redes neurales de percepción rítmica y melódica, sino que los diferentes componentes de la percepción rítmica –como el tempo o el metro– activan distintas redes, que incluyen algunas asociadas con el hemisferio izquierdo (Thaut, 2009). Incluso el surgimiento de emociones como consecuencia de la música activa regiones del hemisferio izquierdo asociadas con el lenguaje (Hsieh *et al.*, 2012). Y es que la forma como responde el cerebro humano cuando escucha música difiere mucho de cuando la crea.

Estos son muchos de los grandes ejemplos de la interconectividad cerebral. Los estudios de lateralidad sugieren múltiples aspectos relevantes sobre el funcionamiento de la mente. Y esto ha favorecido que ciertas metodologías sean bien vistas para el aprendizaje –solo por eso ha valido la pena–.

Relacionamos el hemisferio izquierdo con la habilidad de procesar información, pues este interpreta y ofrece una explicación lógica, pero frecuentemente carece de sustancia contextual. El hemisferio derecho se especializa en la capacidad de percibir los estados mentales de los demás y representar otras mentes (Siegel, 2010).

El hemicerebro derecho (Mora, 2013) es, fundamentalmente, un cerebro holístico, global, que realiza asociaciones de tiempos y espacios muy distantes y cuya función requiere de un tipo de atención que es «dispersa e inconsciente» –frente a la atención ejecutiva persistente y focalizada–; es el hemicerebro creador. El hemicerebro izquierdo, por su parte, es el cerebro del lenguaje, la lógica, las matemáticas y durante el proceso de aprendizaje requiere de la atención focalizada; es el cerebro analítico.

Tabla 2. Características del lado izquierdo y derecho del cerebro

Características del lado izquierdo del cerebro	Características del lado derecho del cerebro
<ul style="list-style-type: none"> • Emplea la lógica • Orientado a detalles • Basado en hechos • Recurre a palabras y lenguaje • Se remite al presente y al pasado • Especialización en matemáticas y ciencia • Puede comprender • Conoce • Reconoce • Ordena/percibe los modelos • Conoce el nombre de objetos • Se basa en la realidad • Forma estrategias • Es práctico • Es seguro 	<ul style="list-style-type: none"> • Usa los sentimientos • Orientado a ver el panorama general • Imaginativo • Recurre a símbolos e imágenes • Se remite al presente y al futuro • Especialización en filosofía y religión • Puede obtener • Cree • Aprecia • Percibe el espacio • Sabe la función de los objetos • Se basa en la fantasía • Presenta posibilidades • Es impetuoso • Toma riesgos

Pero no se trata de separar a los estudiantes por sus dominancias o predominancias, sino de integrar y facilitar para el aprendizaje el uso de ambos hemisferios de manera sinérgica e integrada.

Implicaciones en el aula

Veamos, a través de un par de ejemplos concretos, cómo enfocar la práctica docente para potenciar de igual forma las capacidades de los dos hemisferios de los estudiantes.

Primera actividad: desarrollar un proyecto de aula

Para dirigirnos al hemisferio izquierdo, podemos partir de un ejercicio de análisis de lo que queremos conseguir y, a continuación, elaborar un plan de acción concreto. Una vez que esté bien definido y desarrollado, debemos plantearlo en el grupo; debatirlo, elaborarlo y concretarlo entre todos de manera que, de forma práctica, el aula sea partícipe de los objetivos concretos que se van a alcanzar. De este modo, aseguraremos la implicación de los alumnos.

Podemos complementar este ejercicio con actividades dirigidas al hemisferio derecho, así como con propuestas a través de las cuales dejemos sentir e intuir, con valentía, lo que realmente aspira o necesita el grupo o la clase. No debemos coartar las metas de los alumnos, generando miedos o inseguridades; debemos permitirles «soñar».

Segunda actividad: enseñar a pensar con posibilidades reales

Para potenciar el hemisferio izquierdo, podemos plantearnos una actitud abierta y positiva, a través de la cual fomentemos, de forma continua, la autoestima, la esperanza y la autoconfianza de los alumnos. Debemos ser muy cuidadosos con nuestro lenguaje. Dar la vuelta a expresiones limitativas como «¡no podremos!», «¡esto es muy difícil!», etcétera.

En esta línea, e integrando al hemisferio derecho, es interesante proponer actividades que promuevan la imaginación como herramienta para mejorar el aprendizaje y la consecución de objetivos.

Se pueden desarrollar pequeños ejercicios de «imagería» en clase, en los que durante unos minutos los alumnos se imaginen a sí mismos alcanzando los objetivos y sintiendo la satisfacción de asimilar y memorizar con agilidad los contenidos, todo esto con autoestima, confianza y seguridad en sus capacidades personales.

En resumen, no se trata de dividir a los estudiantes por sus predominancias, sino de hacer propuestas de aprendizaje integrando los dos hemisferios y sus funcionalidades, que es como el cerebro realmente trabaja.

Bibliografía

- DEHAENE, S. (2011), *The number sense. How the mind create mathematics (revised and updated edition)*, Reino Unido, Oxford University Press.
- GAZZANIGA, M. S. (2012), *¿Quién manda aquí? El libre albedrío y la ciencia del cerebro*, Barcelona, Paidós.
- GEAKE, J. G. (2008), «Neuromythologies in education», *Educational Research*, 50, pp. 123-133.
- HSIEH, S., *et al.* (2012), «Brain correlates of musical and facial emotion recognition: evidence from the dementias», *Neuropsychologia*, 50 (8), pp. 1.814-1.822.
- JUNG-BEEMAN, M., *et al.* (2004), «Neural activity when people solve verbal problems with insight», *Plos Biology*, 2, pp. 500-510.
- MORA, F. (2013), *Neuroeducación*, Madrid, Alianza.
- RUBIA, F. J. (2012), *¿Qué sabes de tu cerebro? 60 respuestas a 60 preguntas*, Barcelona, Booket.
- SEGER, C., *et al.* (2000), «Functional magnetic resonance imaging evidence for right-hemisphere involvement in processing of unusual semantic relationships», *Neuropsychology*, 14, p. 361.
- SHERMAN, C. (2013), «Right brain-left brain: a primer», The Dana Foundation. <http://dana.org/Briefing_Papers/Right_Brain-Left_Brain%20%93A_Primer/>.
- SIEGEL, D. (2010), *La mente en desarrollo*, Bilbao, Desclée De Brouwer.
- SOUSA, D. A. (2011), *How the brain learns*, California, Corwin.
- THAUT, M. (2009), «The musical brain: An artful biological necessity», *The Karger Gazette*, 70, pp. 2-4.

5.

Y ¿si Piaget se equivocara con las matemáticas?, por *Jesús C. Guillén*

Neuromito: El aprendizaje matemático ha de seguir un lento proceso constructivista relacionado con el desarrollo de la lógica y la adquisición de estructuras cognitivas, pues cuando nacemos nuestro cerebro es una tabla rasa.

Ya hace años que sabemos que diversos animales –como los leones, los chimpancés o los pájaros– utilizan una capacidad de comprensión numérica rudimentaria que les permite adaptarse al entorno en el que viven para garantizar su supervivencia. Debido a las limitaciones que muestran en el aprendizaje, difícilmente puede tratarse de una capacidad adquirida.

En el caso de los seres humanos, capaces de desarrollar una inteligencia muy superior a la de los demás animales, nadie duda de la utilidad del conocimiento matemático como un vehículo para desenvolverse mejor en la vida cotidiana, el cual requiere de un proceso educativo continuo. Pero ¿hay alguna predisposición genética para ello?

Según Piaget, cuya influencia en la educación y en el desarrollo curricular ha sido durante muchos años incuestionable, la adquisición del concepto de número en los seres humanos tuvo que ir precedido de un proceso de reconstrucción cognitiva continuo, alejado de cualquier idea preconcebida sobre la aritmética. ¿Qué dicen sobre esto las investigaciones modernas en neurociencia? ¿Disponemos los seres humanos de esa capacidad numérica innata que tienen otros animales que propuso Piaget? Y de ser así, ¿podría utilizarse para mejorar la enseñanza de las matemáticas? Porque es evidente la dificultad que tienen los niños, en plena infancia, de entender y disfrutar de la educación matemática.

Estos son algunos de los muchos interrogantes que los descubrimientos recientes sobre el funcionamiento del cerebro nos pueden ayudar a resolver. Pero si tenemos en cuenta las bases neurobiológicas del aprendizaje, será difícil que volvamos a escuchar de

boca de niños menores de diez años afirmaciones como: «¡Siempre se me dieron mal las matemáticas!», «Nunca entendí esto de los números», «Hay que ser muy inteligente» o «No nací para esto». Incluso aunque sea a expensas de Piaget.

Teoría del número de Piaget

Según Piaget, los seres humanos –como cualquier otro ser vivo– nos adaptamos al entorno a partir de determinadas capacidades organizativas que hacen posible esta adaptación. Nuestros genes heredados contienen estructuras innatas que determinan nuestras percepciones, pero también otras no innatas que propician el progreso intelectual, tal como ocurre con la cognición matemática.

Los experimentos de Piaget sugerían que el bebé no tiene ninguna noción aritmética y que en el niño la comprensión del concepto de número sigue un lento proceso constructivista, relacionado directamente con el desarrollo de la lógica, a través de la adquisición de una serie de esquemas o estructuras cognitivas.

Analicemos estas dos situaciones desde la perspectiva de Piaget.

En el primer año, el bebé está en la etapa sensoriomotora inicial, pues explora el entorno a través de sus sentidos y aprende a desenvolverse en él mediante sus conductas motoras. En los primeros meses de edad, el bebé es incapaz de reconocer la estructura permanente del objeto, y así, por ejemplo, cuando se oculta un juguete bajo un paño, el pequeño cree que ha desaparecido, pues no está a la vista. Esto indica que en su primer año el niño no tiene ninguna noción aritmética.

En relación con el proceso de desarrollo constructivista, el concepto numérico se organiza etapa tras etapa, conforme se asimilan las operaciones lógicas de clasificación y seriación: la primera se refiere a la pertenencia o inclusión de un objeto en un conjunto –«¿hay más bolas rojas o más bolas verdes?»– y la segunda a la ordenación de los objetos –«ordena de mayor a menor tamaño las siguientes figuras»–. Por medio de estas operaciones lógicas, el niño asimilará poco a poco el concepto cardinal y ordinal del número, pero solo adquirirá la noción de cantidad cuando sea capaz de entender su concepto de conservación, un proceso muy importante que no se da antes de los cuatro o cinco años de edad.

Veamos algunos experimentos en los que se pone de manifiesto esta dificultad inicial de entender la conservación de cantidades (Piaget, 1965).

En uno de ellos, se enseñó a los niños dos recipientes cilíndricos iguales (A_1 y A_2), que contenían la misma cantidad de líquido. El contenido de A_2 se vertía en dos recipientes más pequeños de dimensiones iguales (B_1 y B_2) y se le preguntó al niño si la cantidad de líquido de A_2 vertida en el interior de los dos más pequeños ($B_1 + B_2$) era igual a la contenida en A_1 . Si hacía falta, el líquido contenido en B_1 se vertía en dos recipientes más pequeños e iguales (C_1 y C_2) y, en caso de necesidad, el líquido de B_2 se vertía en otros dos recipientes C_3 y C_4 , idénticos a C_1 y C_2 . En consecuencia, se hacían preguntas sobre las igualdades entre $C_1 + C_2$ y B_2 , o entre $C_1 + C_2 + C_3 + C_4$ y A_1 , etcétera. De esta forma, los líquidos se subdividían de diversas formas, por lo que el problema de la conservación se planteaba a partir de preguntas sobre si se cumplía o no

la igualdad correspondiente. De forma inversa, para comprobar el grado de comprensión de las respuestas de los niños, a veces se les pedía que vertieran el líquido de un recipiente en otro de estructura diferente, y que compararan las dos cantidades.

En otro experimento, se les enseñó a los niños dos filas que contenían seis vasos y seis botellines. Tanto los vasos como los botellines estaban igualmente espaciados, formando las correspondientes filas. Primero se les preguntó en qué fila había más elementos, y luego se les volvió a hacer la misma pregunta mientras se aumentaba la separación entre vasos, de manera que esta fila fuera más larga que la de los botellines.

El análisis de los resultados de estos experimentos y de otros similares demostró que se podían distinguir tres etapas diferentes, según el grado de comprensión del problema, directamente relacionadas con la edad:

- En la primera etapa, en la que se incluyen niños de cinco años, estos realizan evaluaciones que dependen de sus percepciones. Así, por ejemplo, consideran natural que la cantidad de líquido varíe según la forma y las dimensiones del recipiente en el que es vertido y tienen problemas para entender la correspondencia *uno a uno*; es decir, para ellos la fila de vasos, al ser más larga que la de botellines, contiene más elementos. En el momento en que se alteran los datos, aparentemente el niño basa sus evaluaciones en varios criterios únicos: la longitud de las filas, la anchura de los recipientes y la densidad de los elementos, entre otros. El pequeño no es capaz de entender que cuando hay un cambio en la forma y en la distribución de las partes, el número de elementos se mantiene invariable. Esto se debe, según Piaget, a que a la edad de cuatro o cinco años el niño no ha adquirido aún el concepto de número.
- En la segunda etapa, que constituye una de transición, en la que se incluyen niños de entre cinco y seis años, el concepto de conservación aparece gradualmente, aunque no en todos los casos. Piaget comprobó que en esta etapa el niño comienza a entender lo que el epistemólogo suizo llamó «cantidades intensivas» y «cantidades extensivas»: las intensivas hacen referencia a magnitudes que no pueden sumarse, como la temperatura ($10^{\circ}\text{C} + 20^{\circ}\text{C} \neq 30^{\circ}\text{C}$), mientras que las extensivas se refieren a aquellas magnitudes que sí pueden sumarse, como la masa ($2\text{ kg} + 1\text{ kg} = 3\text{ kg}$). Sin embargo, en esta segunda etapa el niño está todavía en una fase intuitiva. Así, por ejemplo, es capaz de percibir el cambio en la longitud o la densidad de la fila, pero no comprende que una serie cuyas dimensiones disminuyen como consecuencia del acercamiento de sus elementos conlleva un aumento de la densidad, pero no una disminución de su cantidad.
- En la tercera etapa, que incluye niños en torno a los siete años, el menor asume la conservación de cantidades en cualquiera de las transformaciones que se le pida. En este caso, la longitud de la fila y la separación de los intervalos pierden relevancia por separado, y para el niño lo que cuenta es la relación constante entre ambas.

Sin embargo, aunque en el experimento los niños eran capaces de entender la conservación del número, podían cometer errores en pruebas de lógica matemática, del

tipo: «Tienes seis rosas y dos tulipanes, ¿hay más rosas o más flores?». La gran mayoría de los niños respondía que había más rosas, lo que mostraba que seguían sin entender algunas de las premisas básicas de la teoría de conjuntos, como el hecho de que cualquier subconjunto no puede tener más elementos que el conjunto al que pertenece.

Las evidencias empíricas que constituían los experimentos de Piaget parecían confirmar que el conocimiento matemático era un proceso de construcción mental lento y progresivo, que desde las interacciones sensoriomotoras iniciales con el entorno permitía al niño adquirir los conceptos de «objeto», «conjunto», «números cardinales» o realizar operaciones aritméticas elementales, como sumar o restar. Y, como consecuencia de esto, muchos profesores interpretaron que sería contraproducente enseñar aritmética a niños menores de seis o siete años, porque podría dificultar el aprendizaje eficiente de los conceptos numéricos, por lo que era mejor comenzar con la enseñanza de las operaciones lógicas relacionadas con la teoría de conjuntos. Y nada de enseñar a contar a estas edades porque, según Piaget, el conteo consistía en una competencia social sin contenido lógico-matemático que llevaba asociado un aprendizaje memorístico muy perjudicial para el niño desde la perspectiva emocional.

Los errores de Piaget

Las investigaciones modernas en neurociencia sobre las bases neurobiológicas del aprendizaje han confirmado que nuestro cerebro está realizando continuamente predicciones, reconociendo patrones e integrando la información novedosa en los conocimientos previos ya almacenados. Efectivamente, hay un proceso constructivista en el aprendizaje, incluso mayor en las matemáticas –sin aritmética, por ejemplo, difícilmente puede haber álgebra–, pero eso no significa que este proceso deba seguir las etapas –sensoriomotriz, preoperacional, operacional concreta y operacional formal– tal cual las planteó Piaget, y mucho menos que el aprendizaje de la aritmética requiera esperar hasta los siete años. Estudios posteriores a los de Piaget y otras investigaciones recientes han demostrado dos cuestiones fundamentales:

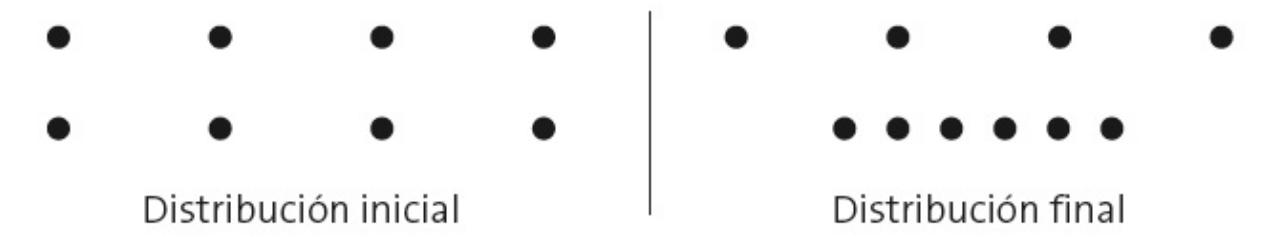
- El contexto experimental de Piaget no era el adecuado, pues los investigadores utilizaban un lenguaje demasiado sofisticado para que los niños de esas edades pudieran entenderlo, y no se consideraban los efectos motivacionales del aprendizaje.
- Los bebés con pocos meses de edad son capaces de detectar diferencias en pequeñas cantidades numéricas, lo cual sugiere que los seres humanos, al igual que otros animales, disponemos de un sentido numérico innato.

En 1967, Mehler y Bever demostraron la importancia del contexto experimental y el grado de motivación del niño al realizar las conocidas pruebas de Piaget sobre la conservación de la cantidad. En dicho estudio, en el que participaron más de doscientos niños con edades de entre los dos años y cuatro meses y los cuatro años y siete meses, se realizaron dos experimentos. Cada uno utilizaba dos agrupaciones de filas (ver figura 2), pero en el primero se utilizaron bolitas de arcilla, mientras que en el segundo fueron sustituidas por los tradicionales caramelos de chocolate M&M'S.

En cada experimento, los investigadores presentaron a los niños la distribución inicial de elementos y les preguntaron si las filas eran iguales. Después, acortaron la fila inferior, pero añadieron dos elementos más. En el primer experimento con las bolitas, les preguntaron a los niños qué fila tenía «más» elementos, mientras que en el experimento con las golosinas se utilizó un procedimiento no verbal; algo del estilo de «elige la fila que te quieras comer y cómete todos los caramelos de esa fila».

Los resultados fueron esclarecedores. La gran mayoría de los niños de 3 y 4 años de edad entendían la correspondencia uno a uno en la distribución inicial, pero en la distribución final elegían la fila que tenía menos elementos porque era más larga; la clásica confusión que Piaget ya había comprobado. Sin embargo, en el segundo experimento con los caramelos M&M'S, en el que no podía haber ningún tipo de malinterpretación a partir del lenguaje (el niño no hace ninguna hipótesis sobre qué querrá el adulto al hacerle una segunda pregunta, sino que quiere comer directamente la golosina), los niños elegían la fila que, aun siendo más corta, tenía más caramelos.

Figura 2



El estudio no se limitó a demostrar que cuando los niños estaban debidamente motivados sí que entendían el proceso de conservación del número, sino que, además, demostró que tanto los niños de dos años como los mayores de cuatro años y medio no tenían ninguna dificultad para discriminar el número de objetos en las dos distribuciones, independientemente de que se utilizaran bolitas de arcilla o caramelos M&M'S. ¿Cómo explicar esta comprensión conceptual más baja de los niños de tres y cuatro años que, por supuesto, no tienen una capacidad cognitiva inferior a la de los niños de dos años?

Muchos años después, el neurocientífico Stanislas Dehaene (2011) sugirió que los niños de tres y cuatro años interpretan las preguntas de forma diferente a como las entendemos los adultos, como si creyeran que al hacer la segunda pregunta estamos esperando una segunda respuesta, no tan trivial como la primera. Sea como fuere, estudios posteriores demostraron la importancia del contexto experimental y de la utilización del lenguaje en las posibles interpretaciones que pueden hacer los niños. Además, en la actualidad sabemos que la corteza prefrontal en el cerebro humano, sede de las llamadas «funciones ejecutivas», que están asociadas con la toma de decisiones, sigue un lento proceso de desarrollo que explica la falta de autocontrol que vemos en los niños pequeños. Y este lento proceso de maduración cerebral que podría justificar la dificultad que tienen los niños al realizar estos experimentos también explicaría los problemas que tienen los bebés en las tareas de permanencia del objeto por las limitaciones en los movimientos. El hecho de no poder acercarse al objeto escondido no significa que interpreten que haya desaparecido.

Respecto a la refutación de que los bebés carecen de un concepto numérico, a finales de la década de 1970 comenzaron a realizarse las primeras investigaciones. Pero fue Karen Wynn (1992) quien demostró que los bebés, con solo cinco meses de edad, ya son capaces de entender las operaciones aritméticas elementales $1 + 1 = 2$ o $2 - 1 = 1$.

En uno de estos experimentos se mostró a los bebés un juguete en un escenario y, a continuación, se subió una pantalla para que lo ocultara. Ante la mirada del bebé, se colocó un segundo juguete detrás de la pantalla y, posteriormente, se descubrió nuevamente. En algunas ocasiones aparecían dos juguetes, lo cual corresponde a un resultado lógico ($1 + 1 = 2$), mientras que en otros casos se mostraba solamente uno, lo que corresponde a un resultado imposible ($1 + 1 = 1$).

Los estudios en psicología del desarrollo ya habían demostrado que los bebés pasaban más tiempo analizando una situación inesperada o irreal, por lo que los

experimentadores preveían que esto sucedería ante la operación aritmética incorrecta. Y así fue: los bebés dedicaban mucho más tiempo a analizar la situación en la que al descorrer la pantalla aparecía un solo juguete, lo que corresponde al resultado inesperado. Como complemento de lo anterior, los investigadores quisieron cambiar la operación aritmética y diseñaron un experimento que analizara una resta elemental en lugar de una suma. Así, en la situación inicial había dos juguetes que desaparecían al subir una pantalla y, a continuación, los bebés veían cómo aparecía una mano en el escenario y retiraba uno de los juguetes. Como se preveía, los bebés dedicaban más tiempo a analizar la situación irreal correspondiente a la aparición de dos juguetes ($2 - 1 = 2$) que a la esperada ($2 - 1 = 1$).

El sentido numérico innato

Los ingeniosos experimentos realizados por Karen Wynn, que posteriormente han sido replicados varias veces con idénticos resultados, sugieren que los seres humanos disponemos de un sentido numérico innato. Si los bebés pueden distinguir operaciones con dos o tres objetos, es improbable que en pocos meses sean capaces de adquirir la suficiente información del entorno que les permita este aprendizaje numérico, por lo que esta capacidad debe tener un componente genético.

Esto también parece confirmar las investigaciones con pacientes que padecen lesiones cerebrales. Los escáneres cerebrales han localizado una región muy importante en la realización de cualquier operación aritmética: el surco intraparietal. Butterworth (1999) describió a un paciente que al tener dañada esta zona era incapaz de determinar una pequeña cantidad de objetos en un conjunto, aun manteniendo inalteradas sus capacidades lingüísticas o de razonamiento. Y el mismo autor describió el caso de una persona que aparentemente nunca tuvo ese sentido numérico innato y que, a pesar de seguir contando con los dedos y ser incapaz de comparar dos cantidades o de entender el resultado de una operación aritmética, algo característico de la discalculia, eso no le impidió obtener una licenciatura universitaria.

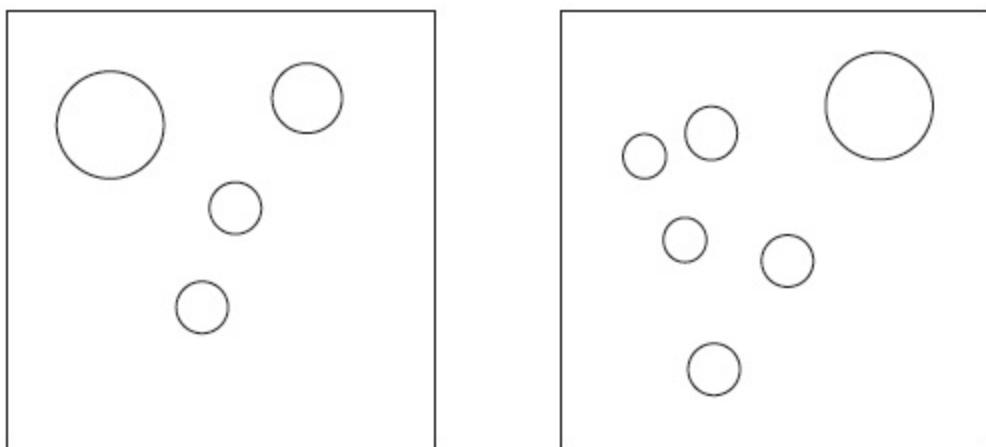
Pero conviene aclarar algunos conceptos. Nacemos con un concepto numérico rudimentario que se limita a los números naturales iniciales (como máximo hasta el 4); es decir, en el primer año de vida los bebés ya son capaces de discriminar entre dos o tres objetos (este proceso se conoce como *subitizar*). Pero eso no significa que gracias al alto grado de plasticidad cerebral en los primeros años de vida tengamos que sobreestimular al niño con todo tipo de operaciones o símbolos numéricos. Lo único que se conseguirá es dificultar el aprendizaje como consecuencia del estrés provocado. Por otra parte, aunque es cierto que compartimos con otros animales esta capacidad para reconocer objetos en un pequeño conjunto, lo que nos hace únicos es la capacidad que tenemos para contar y manipular símbolos que representan cantidades numéricas. Los números tienen un significado para nosotros, como lo tienen las palabras, y en los dos casos aprovechamos las capacidades innatas para ir desarrollando esa comprensión. El nacer con este sentido numérico innato no nos convierte *per se* en excelentes matemáticos, pero sí que facilita el proceso de comprensión de las matemáticas. Y, por supuesto, no hay ninguna necesidad de esperar hasta los siete años para que el niño reciba sus primeras enseñanzas sobre aritmética, en contra de lo que sugería Piaget.

Investigaciones muy recientes han comprobado que el sentido numérico que les permite a los bebés identificar pequeñas cantidades (*subitizing*) sin necesidad de contar también les permite comparar cantidades mayores (ver figura 3), un proceso cuya eficiencia se irá mejorando progresivamente durante la infancia hasta alcanzar la capacidad adulta en la adolescencia (Brankaer *et al.*, 2014). Y la combinación de estas dos formas diferentes de representación numérica, una para números naturales pequeños hasta el tres y otra aproximada para números grandes, se cree que es esencial para que el

niño, en torno a los tres o cuatro años de edad, vaya comprendiendo el concepto de número natural, esencial para el aprendizaje de la aritmética (Berteletti *et al.*, 2010)

Gilmore, McCarthy y Spelke (2007) demostraron que niños de cinco y seis años de edad que todavía no sabían sumar se desenvolvían muy bien en operaciones del tipo: «Sara tiene 21 golosinas y consigue 30 más. Juan tiene 34. ¿Quién tiene más?», referidas a la suma, o «Sara tiene 64 golosinas y regala 13. Juan tiene 34. ¿Quién tiene más?», referidas a la resta. Esto demostraba que eran capaces de convertir el planteamiento verbal del problema en cantidades y pensar sobre ellas sin necesidad de realizar cálculos exactos. Una confirmación más: en contra de lo que pensaba Piaget, los niños en educación infantil ya tienen la competencia necesaria para la aritmética, sin que se les haya enseñado el lenguaje simbólico asociado a ella.

Figura 3



«¿Dónde hay más bolas?»

Durante su desarrollo, el niño aprende a relacionar este tipo de representación no simbólica («■ ■ ■») asociada con la aproximación, que es independiente del desarrollo del lenguaje, con el sistema de representación simbólico preciso que se le enseña para caracterizar a los números, o bien mediante los números arábigos («3») o bien mediante las palabras («tres»). Experimentos muy recientes con niños de seis y siete años de edad han demostrado que estos dos sistemas de representación numérica diferentes, uno innato y el otro adquirido, están muy relacionados: los niños que se desenvuelven mejor en tareas no simbólicas, como estimaciones o aproximaciones, lo hacen también mejor en las tareas que requieren del lenguaje simbólico, como en las operaciones aritméticas exactas, y este mejor desempeño predice un mejor rendimiento en matemáticas, incluso años después (Hyde *et al.*, 2014). No es casualidad que los programas informáticos utilizados para el tratamiento de la discalculia se basen en el diseño de actividades que integran las competencias numéricas asociadas con el conteo con aquellas intuitivas que permiten comparar cantidades (Clements y Sarama, 2011). Tras el entrenamiento adecuado se mejora la actividad en el surco intraparietal, una región cerebral que interviene en cualquier tipo de procesamiento numérico, sea simbólico o no, y que es disfuncional cuando el sentido numérico no está desarrollado de forma adecuada, como en el caso de la discalculia.

No hay duda de que todas estas investigaciones tienen enormes repercusiones pedagógicas en la enseñanza y el aprendizaje, en general, de las matemáticas y, en particular, de la aritmética.

La herencia de Piaget

En un estudio francés, dirigido por Baruk (1985), que causó gran revuelo, se plantearon cuestiones a alumnos de siete y ocho años de edad del tipo: «Hay 26 ovejas y 10 cabras en un barco. ¿Qué edad tiene el capitán?». La sorpresa llegó al analizar los resultados y comprobarse que en torno a un 80 % del alumnado dio una respuesta numérica a la pregunta planteada. Los 36 años del capitán constituyen un ejemplo histórico, junto con otros parecidos, del fracaso que supuso la aplicación de lo que se llamó «matemática moderna», constituida básicamente por el desarrollo de las operaciones lógicas abstractas propuestas por Piaget como forma natural de comprender y contextualizar el concepto de número. Y es que limitar la actividad del niño a la manipulación de objetos o a la resolución de tareas de conjuntos en las que, por ejemplo, se tiene que determinar su cardinal o identificar algunos subconjuntos resulta insuficiente. Por una parte, la representación de las ideas o procedimientos matemáticos no se puede restringir a la utilización de materiales concretos (objetos físicos), sino que se requiere otro tipo de representaciones, como las mentales (imágenes) o las escritas (letras y números), de los cálculos para adquirir un conocimiento matemático (Alsina, 2014). Por otra parte, no se puede asociar el aprendizaje activo únicamente con la manipulación de objetos, sin tener en cuenta que la actividad del niño requiere de reflexión, comparación de ideas y estrategias o de imaginación para visualizar procedimientos alternativos, todos ellos procesos imprescindibles porque acercan las matemáticas a la vida real.

Aunque actualmente en España la influencia de la teoría de Piaget sobre el aprendizaje de la aritmética es mínima, básicamente porque se prioriza el aprendizaje del conteo en edades tempranas y no se utiliza la teoría de conjuntos con el objetivo propuesto por Piaget, quedan todavía restos de su influencia en épocas pasadas. Así, por ejemplo, en la Ley Orgánica 2/2006 (LOE), en la que se regula la ordenación de la educación infantil y en la que aparecen más instrucciones curriculares sobre los procesos matemáticos que en sus predecesoras, hay una referencia al enfoque piagetiano cuando se sugiere la necesidad de que el niño adquiera la capacidad de «representar atributos de elementos y colecciones, y de establecer relaciones de agrupamientos, clasificación, orden y cuantificación, iniciándose en las habilidades matemáticas» (BOE, 2007). Lo cierto es que, más allá de la ambigüedad que pueda entrañar la forma de presentar el comentario anterior (pertenece a los objetivos del área de conocimiento del entorno del segundo ciclo), la sugerencia debe contextualizarse en el proceso matemático tan importante del razonamiento y la demostración. Porque una cosa es que el aprendizaje de las operaciones lógicas de clasificación, seriación o correspondencia no sea necesario para el aprendizaje de la aritmética y no debamos esperar hasta el inicio de la educación primaria, cuando el niño ya tiene siete años, y otra es que debamos eliminar este tipo de actividades que, aunque no tengan un carácter prenumérico o no sustituyan a los problemas aritméticos, sí que pueden ser útiles para desarrollar el pensamiento lógico del niño.

Las investigaciones en neurociencia han demostrado que el cerebro del niño en educación infantil está perfectamente preparado para afrontar el reto de las operaciones aritméticas. Se debe aprovechar el sentido numérico innato que posee para ir desarrollando un conocimiento matemático cada vez más sofisticado porque, aunque en un principio sea limitado, no es inmutable. Su importancia para el aprendizaje de las matemáticas es muy similar a la que tiene la conciencia fonológica para el aprendizaje de la lectura y sus déficits que, respectivamente, pueden ocasionar los conocidos trastornos del aprendizaje de la discalculia o la dislexia.

Sousa (2008) ha identificado cinco niveles de comprensión del sentido numérico que le permiten al niño ir mejorando el conocimiento matemático. No hemos de confundir estos niveles de comprensión con los cinco principios clásicos de Gelman y Gallistel (1986) para saber contar (correspondencia uno a uno, orden estable, cardinalidad, abstracción y orden irrelevante) que se deben fomentar en educación infantil y que junto al desarrollo del sentido numérico han de constituir los componentes básicos del aprendizaje de la aritmética y de las matemáticas. Los cinco niveles señalados por Sousa son estos:

1. El niño no ha desarrollado el sentido numérico más allá de sus nociones innatas, por lo que muestra dificultades para entender las comparaciones entre cantidades y los términos del tipo «más que/menos que» o «mayor/menor».
2. Empieza a adquirir el sentido numérico que le permite entender conceptos como «muchos», «seis» o «nueve», pero no del todo otros como «más que» o «menos que». También entiende el concepto de cantidades mayores o menores sin haber adquirido las competencias básicas de cálculo.
3. Ya comprende completamente el significado de «más que» y «menos que» y puede utilizar los dedos para contar de uno en uno. Sin embargo, puede equivocarse en tareas en las que aparezcan números mayores que el cinco porque realizarlas requiere utilizar los dedos de las dos manos.
4. En este nivel el niño ya puede contar hasta una determinada cantidad sin necesidad de utilizar todos los dedos y va entendiendo la realidad conceptual de los números. Así, por ejemplo, no necesita contar hasta cinco para entender que existen cinco cosas. Como ya puede contar de forma precisa ya puede resolver algún problema numérico.
5. El niño ya es capaz de recordar estrategias para resolver problemas porque va automatizando las operaciones aritméticas de las sumas y comienza a entender los conceptos básicos asociados a las restas.

La identificación del nivel de comprensión del sentido numérico del niño es muy importante para poder atender la diversidad en el aula. En este sentido son de gran utilidad los test diseñados por Griffin y Case (1997) que pueden aplicarse ya a niños con 4 años de edad.

Implicaciones educativas

Señalemos a continuación algunas estrategias pedagógicas que se pueden utilizar tanto en el aula como en casa para ir desarrollando este sentido numérico tan importante (ver más en Sousa, 2008 y Willis, 2008):

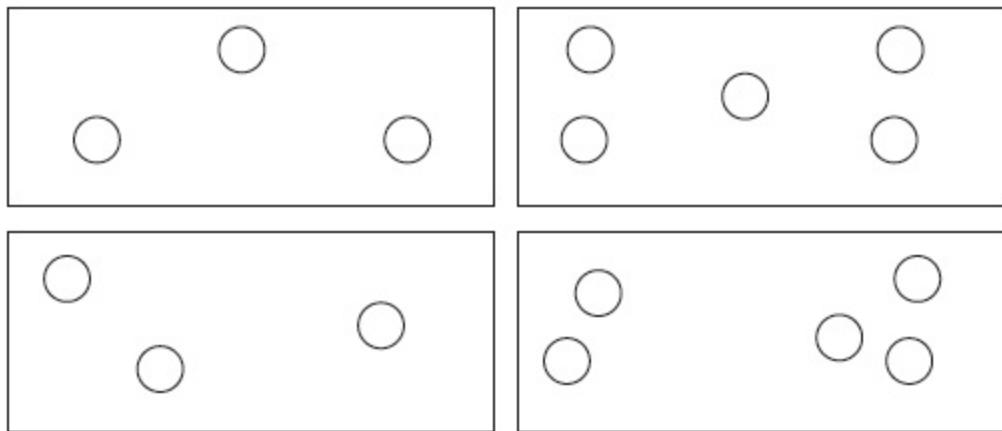
Fortaleciendo el subitizing

Ya hemos comentado cómo la capacidad innata que poseemos para reconocer pequeñas cantidades de objetos puede ser importante en el aprendizaje de la aritmética. Basándonos en el reconocimiento de patrones que utiliza el cerebro humano para aprender, podemos utilizar tarjetas con círculos o agujeros dispuestos de forma ordenada o aleatoria (ver figura 4) y preguntarles a los niños, sin necesidad de contar, por ejemplo, cuántos puntos hay en una tarjeta, que elijan tarjetas que tienen el mismo número de puntos o que comparan el número de dos de ellas. Incluso se pueden disponer los puntos formando figuras para que los niños vayan visualizando la relación entre los números y las formas geométricas.

Contando mejor

Hay muchas actividades que pueden utilizarse para mejorar el conteo. Por ejemplo, para reforzar el principio cardinal mediante el cual el niño entiende que el último número contado es el que indica el número de elementos del conjunto, se pueden utilizar fichas con caras de diferentes colores. Y se le puede preguntar al niño cuántas hay de un color determinado.

Figura 4



Preguntando para mejorar el concepto numérico

Cualquier actividad se puede utilizar para que los niños vayan desarrollando el razonamiento matemático y la comprensión numérica si les vamos haciendo preguntas sobre lo que están haciendo. Así, por ejemplo, con una colección de lápices se les puede preguntar cuántos hay, cuántos hay de cada color, cuál es el más largo y cuál es el más corto o si de un color hay más lápices que de otro.

Identificando y asociando

Es muy importante que los niños vayan asociando los números con objetos concretos de la vida real. Así, por ejemplo, una bicicleta tiene dos ruedas, un triciclo tres y un coche cuatro o una persona tiene dos piernas y el perro cuatro patas. Y así podemos animar al niño para que encuentre o describa otras cosas con un número determinado de partes, como los tres colores de un semáforo.

Ordenando y clasificando

Otra forma útil de acercar el conocimiento matemático al mundo real es la de realizar actividades en las que el niño ordena y clasifica elementos. Por ejemplo, podemos mostrar al niño diferentes tipos de manzanas y pedirle que elija las rojas o que coloque en un recipiente las rojas y en otro las verdes o, si todas son del mismo color, que coloque en un recipiente las más grandes y en otro las más pequeñas.

Jugando

El juego es un mecanismo natural imprescindible para el aprendizaje y especialmente importante en matemáticas. Podemos jugar a que el niño adivine un número y lo vamos guiando con un «más» o un «menos», o utilizar juegos de Lego para pedir al niño que añada piezas del conjunto pequeño al más grande hasta que tengan el mismo número o al revés, o ábacos o juegos de mesa para entrenar el sistema de representación numérico y su relación espacial, o utilizar programas informáticos como Number Worlds o Number

Race, diseñados específicamente para mejorar las capacidades numéricas utilizando tanto el lenguaje no simbólico, a través de comparaciones entre cantidades, como el simbólico, que es propio de las operaciones aritméticas.

Aprendiendo en el entorno adecuado

Ningún material ni recurso utilizado garantizarán por sí mismos el aprendizaje si no van acompañados de la adecuada planificación pedagógica. En este sentido, la figura del adulto es esencial. En un estudio reciente, se comprobó que el rendimiento académico de niños de cuatro años durante el curso escolar mejoró ostensiblemente cuando el profesor hablaba continuamente sobre cuestiones numéricas (Klibanoff *et al.*, 2006). Un ejemplo más de la importancia de la inmersión del mundo real en el aprendizaje.

A partir de lo anterior, podemos establecer algunos factores esenciales en la enseñanza de la aritmética desde la perspectiva neurobiológica del aprendizaje:

- Como nuestro cerebro prefiere lo concreto a lo abstracto es necesario entrenar el sentido numérico no simbólico de las aproximaciones asociado a un razonamiento intuitivo para ir construyendo los conceptos matemáticos más abstractos vinculados con el lenguaje verbal.
- Como nuestro cerebro aprende a través de la predicción continua y la asociación de patrones, y la incertidumbre es la gran recompensa cerebral, es imprescindible ir incorporando los nuevos conceptos matemáticos a las vidas de los niños y seguir practicando las estimaciones y las predicciones.
- Como nuestro cerebro se satura cuando ha de utilizar muchos datos, en especial lo que se conoce como memoria de trabajo, es imprescindible que el niño vaya automatizando las operaciones aritméticas para no dedicar todos los recursos al cálculo y poder dedicarlos al análisis y al razonamiento del problema en cuestión.
- Como nuestro cerebro procesa los números utilizando tres procedimientos diferentes (visual, verbal y cuantitativo) en los que se activan regiones cerebrales diferentes y sabemos que se aprende mejor cuando intervienen diferentes circuitos neurales o a través de un enfoque multisensorial, el juego constituye un mecanismo de aprendizaje esencial.
- Como nuestro cerebro es enormemente plástico y modifica su estructura continuamente como consecuencia de las experiencias vitales, cualquier niño puede mejorar sus déficits numéricos con el entrenamiento adecuado, especialmente con *software* educativo, incluso aquellos que padecen discalculia. La mejora siempre es posible.

Las investigaciones en neurociencia demuestran que nacemos con una capacidad innata para entender los números y que esta se desarrolla con la educación. No hay un determinismo genético, sino una predisposición hacia el aprendizaje numérico que conviene aprovechar en los primeros años de vida. En este sentido, el *antes* es mejor en

los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, y ese constituye el auténtico error de Piaget. Los nuevos tiempos requieren nuevas estrategias.

Bibliografía

- ALSINA, A. (2012), «Más allá de los contenidos, los procesos matemáticos en educación infantil», *Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia*, 1 (1), pp. 1-14.
- (2014), «Procesos matemáticos en Educación Infantil: 50 ideas clave», *Números*, 86, pp. 5-28.
- BARUK, S. (1985), *L'age du capitaine. De l'erreur en mathématiques*, París, Seuil.
- BERTELETTI, I., *et al.* (2010), «Numerical estimation in preschoolers», *Developmental Psychology*, 46 (2), pp. 545-551.
- BOE (2007), Orden ECI/3960/2007 de 19 de diciembre, por la que se establece el currículo y se regula la ordenación de la educación infantil.
- BRANKAER, C., *et al.* (2014), «Children's mapping between non-symbolic and symbolic numerical magnitudes and its association with timed and untimed tests of mathematics achievement», *PLoS ONE*, 9 (4), e93.565.
- BUTTERWORTH, B. (1999), *The mathematical brain*, Londres, MacMillan.
- CLEMENTS, D., y SARAMA, J. (2011), «Early childhood mathematics intervention», *Science*, 333, pp. 968-970.
- DEHAENE, S. (2010), «The calculating brain», en Sousa, D. (ed.), *Mind, brain, & education: Neuroscience implications for the classroom*, Bloomington (Estados Unidos), Solution Tree Press, pp. 179-198.
- (2011), *The number sense: how the mind creates mathematics (revised and updated edition)*, Reino Unido, Oxford University Press.
- GELMAN, R., y GALLISTEL, C. (1986), *The child's understanding of number (revised edition)*, Reino Unido, Harvard University Press.
- GILMORE, C., *et al.* (2007), «Symbolic arithmetic knowledge without instruction», *Nature*, 447, pp. 589-591.
- GRACIA-BAFALLUY, M., y ESCOLANO-PÉREZ, E. (2014), «Aportaciones de la neurociencia al aprendizaje de las habilidades numéricas», *Revista de Neurología*, 58, pp. 69-76.
- GRIFFIN, S., y CASE, R. (1997), «Rethinking the primary school math curriculum: an approach base don cognitive science», *Issues in Education*, 3, pp. 1-49.
- HYDE, D., *et al.* (2014), «Brief non-symbolic, approximate number practice enhances subsequent exact symbolic arithmetic in children», *Cognition*, 131, pp. 92-107.
- KLIBANOFF, R. S., *et al.* (2006), «Preschool children's mathematical knowledge: The effect of teacher 'math talk'», *Developmental Psychology*, 42, pp. 59-69.
- LACASTA, E., y WILHELM, M. R. (2008), «Juanito tiene cero naranjas. Investigación en Educación Matemática, actas del XII Simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática», pp. 403-414.
- MEHLER, J., y BEVER, T. (1967), «Cognitive capacity of very young children», *Science*, 158, pp. 141-142.
- PIAGET, J. (1965), *The childs conception of number*, Nueva York, W W Norton & Company.

- SOUZA, D. A. (2008), *How the brain learns mathematics*, California, Corwin.
- WILLIS, J. (2008), *How your child learns best: brain-friendly strategies you can use to ignite your child's learning and increase school success*, Naperville (Illinois), Sourcebooks.
- WYNN, K. (1992), «Addition and subtraction by human infants», *Nature*, 358, pp. 749-750.

6.

Más es menos. Cuantas
más horas estamos en la escuela,
¿más aprendemos?,
por *Anna Forés y Carme Trinidad*

Neuromito: Cuantas más horas pasen los alumnos en la escuela, más aprenderán.

¿Hay alguna evidencia que nos lleve a pensar que cuantas más horas estén los niños y los jóvenes en la escuela más –y mejor– aprenderán?

Ciertamente, los últimos estudios demuestran una relación inversa. En este capítulo vamos a hacer un recorrido por lo que muestran los resultados de las evaluaciones educativas, y lo cotejaremos con acciones desarrolladas en otros puntos del mundo. Hablaremos también, desde la neurociencia, sobre el famoso «menos es más o más es menos».

Evaluando, que es gerundio

En los últimos siglos, la escuela ha ejercido un papel fundamental. No solo por la misión de consagrarse a la educación, sino por ser un elemento socializador de primer orden y facilitador de espacios para el ejercicio de los profesionales, quienes comparten la función educativa con los alumnos. Ahora bien, la educación sigue siendo una instancia que preocupa y ocupa a todos, de padres a políticos, y su evaluación se ha convertido en un caballo de batalla para buena parte del globo terráqueo.

El Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos de la OCDE (PISA, por sus siglas en inglés) tiene como objeto evaluar hasta qué punto los alumnos, en la recta final de la educación obligatoria, adquieren algunos de los conocimientos y habilidades necesarios para la participación plena en la sociedad del saber. PISA resalta aquellos países que han alcanzado un buen rendimiento y, al mismo tiempo, un reparto equitativo de oportunidades de aprendizaje, por lo que ayuda a establecer metas ambiciosas para otros países.

Las pruebas de PISA se aplican cada tres años. Examinan el rendimiento de alumnos de quince años en áreas temáticas clave y estudian igualmente una gama amplia de resultados educativos, entre los que se encuentran la motivación de los alumnos por aprender, la concepción que estos tienen sobre sí mismos y sus estrategias de aprendizaje. Cada una de las tres últimas evaluaciones de PISA se centró en un área temática concreta: la lectura (en 2000), las matemáticas (en 2003) –la resolución de problemas fue un área temática especial en PISA 2003– y las ciencias (en 2006). El programa llevó a cabo una segunda fase de evaluaciones en 2009 (lectura), 2012 (matemáticas) y 2015 (ciencias).

Hasta la fecha participan todos los países miembros de la OCDE, así como varios países asociados. Los estudiantes son seleccionados a partir de una muestra aleatoria entre escuelas públicas y privadas. Son elegidos en función de su edad –entre quince años y tres meses y dieciséis años y dos meses al principio de la evaluación– y no del grado escolar en el que se encuentran. Hasta ahora, más de un millón de alumnos han sido evaluados.

Los informes PISA¹ dan respuesta a 34 preguntas clave que, por ahora, son:

- Nº 34: ¿Los jóvenes de quince años son creativos a la hora de resolver problemas?
- Nº 33: ¿Tienen los estudiantes motivación para lograr el éxito?
- Nº 32: ¿Qué nos dicen los estudiantes inmigrantes sobre la calidad de los sistemas educativos?
- Nº 31: ¿Quiénes son los académicos talentosos?
- Nº 30: ¿Las estrategias de aprendizaje pueden reducir la brecha en el rendimiento entre los estudiantes favorecidos y desfavorecidos?
- Nº 29: ¿Las habilidades en lectura de los estudiantes inmigrantes dependen del tiempo que llevan en el país de acogida?
- Nº 28: ¿Qué hace diferentes a las escuelas urbanas?
- Nº 27: ¿Es importante a qué tipo de escuela asiste un estudiante?
- Nº 26: Las expectativas de calificaciones.
- Nº 25: ¿Los países se están dirigiendo a sistemas educativos más equitativos?

- Nº 24: ¿Qué piensan los estudiantes sobre la escuela?
- Nº 23: ¿Qué piensan hacer los alumnos después de finalizar la educación secundaria superior?
- Nº 22: ¿Cómo les va a los alumnos inmigrantes de los centros escolares desfavorecidos?
- Nº 21: ¿Se sienten hoy en día los jóvenes de 15 años responsables del medio ambiente?
- Nº 20: ¿Tiene el cheque escolar relación con la equidad en educación?
- Nº 19: ¿Existe realmente la llamada «segunda oportunidad» en educación?
- Nº 18: ¿Está relacionada la disponibilidad de las actividades extraescolares en los centros con el rendimiento de los alumnos?
- Nº 17: ¿Las grandes ciudades son activos o lastres para la educación?
- Nº 16: ¿Los sueldos basados en el rendimiento mejoran la enseñanza?
- Nº 15: ¿Cómo de ecológicos son los chicos de 15 años de hoy en día?
- Nº 14: ¿A qué tipo de carreras aspiran los chicos y las chicas?
- Nº 13: ¿Se compran con dinero los buenos resultados en PISA?
- Nº 12: ¿Están preparados los chicos y las chicas para la era digital?
- Nº 11: ¿Cómo se están adaptando los sistemas escolares al creciente número de estudiantes inmigrantes?
- Nº 10: ¿Qué pueden hacer los padres para ayudar a sus hijos a tener éxito en los centros educativos?
- Nº 9: Autonomía y rendición de cuentas en los centros educativos: ¿están relacionadas con el rendimiento de los estudiantes?
- Nº 8: ¿Leen actualmente los estudiantes por placer?
- Nº 7: Centros privados: ¿a quién benefician?
- Nº 6: Cuando los alumnos repiten un curso o son transferidos a otros centros: ¿qué repercusiones tiene esto en los sistemas educativos?
- Nº 5: ¿Cómo algunos estudiantes superan su entorno socioeconómico de origen?
- Nº 4: ¿Se ha deteriorado la disciplina en los centros?
- Nº 3: ¿Vale la pena invertir en clases extraescolares?
- Nº 2: Mejorar el rendimiento desde el nivel más bajo.
- Nº 1: ¿La asistencia a educación infantil se traduce en mejores resultados en el aprendizaje escolar?

Todas ellas, preguntas interesantes que han hecho que los diferentes países se planteen mejoras y reformas.

Pero detengámonos un momento en el lema de la reforma que se llevó a cabo en Singapur, que fue muy sencillo: «Enseñar menos y aprender más».

En septiembre de 2005, el entonces ministro de Educación de Singapur, Tharman Shanmugaratnam, abordó a los asistentes a su conferencia en el centro de convenciones de la Universidad Politécnica Ngee Ann con un planteamiento novedoso: «Enseñar menos, aprender más». El movimiento «Enseñar menos, aprender más» (TLLM) arrancó en 2006 en Singapur centrado en mejorar la efectividad de la enseñanza. «No se trata literalmente de enseñar menos», explicó Xu Weiming, del Ministerio de Educación de Singapur, sino de innovar en el currículo –qué se enseña–, en la pedagogía –cómo se enseña– y en la evaluación –cuánto han aprendido los alumnos–. Para ello se ha hecho una reducción racional de los contenidos curriculares, que permite a los docentes un mayor margen para innovar y reducir la carga de trabajo de los alumnos. A finales de 2010, unas 266 escuelas (un 74 % del total de escuelas de Singapur) aprovecharon los recursos del ministerio para embarcarse en innovaciones curriculares, según datos gubernamentales.²

Tanto en Finlandia como en Corea del Sur –dos de los sistemas educativos que mejor puntúan en evaluaciones internacionales–, los profesores imparten menos horas de clase al año que la mayoría de los países. Los estudiantes de la OCDE pasan, en total, una media de 7.751 horas de clase entre primaria y secundaria, según los últimos datos

(2011) del informe «Education at a Glance 2013» –conocido en español como «Panorama de la educación»–, que en un capítulo dedicado al «entorno de aprendizaje y la organización de los centros» analiza el tiempo que los estudiantes pasan en clase y las horas que los profesores dedican a la enseñanza.

Estas casi 8.000 horas se distribuyen en una media de 791 por curso obligatorias en primaria (802 en total) y 116 horas más obligatorias por curso en secundaria (122 horas más en total). Esto supone que los alumnos de los países de la OCDE reciben unas 4.717 horas de instrucción en primaria y una media de 3.034 horas en ESO. La mayor parte de este tiempo es obligatorio, aunque depende de la edad a la que empiecen, que varía en función de los países. Mientras que los estudiantes de dos tercios de los países de la OCDE comienzan la primaria a los seis años, los alumnos de una quinta parte de los países de la OCDE no se inician hasta los siete años. Solo en Australia, Inglaterra, Irlanda, Nueva Zelanda y Escocia la educación primaria empieza a los cinco años. En Irlanda, los estudiantes de 4 años de edad también están autorizados para iniciar la educación primaria y un 40 % lo hace, recuerda este informe.

España se encuentra entre los países con mayor carga horaria, entre los que superan el millar de horas obligatorias por curso –lo hace en secundaria, con 1.050 horas obligatorias al año, no en primaria, donde imparte 875–. La media de la Unión Europea se sitúa en 768 horas obligatorias en primaria y 881 en secundaria, lo que supone casi un mes menos de clase si se distribuyese en jornadas de seis horas diarias. Lo acompañan en este grupo países como Australia (953 en primaria, pero 1.009 en secundaria), Chile (1.007 en primaria y 1.083 en secundaria), México (800 en primaria, pero 1.167 en secundaria), Países Bajos (940 y 1.000, respectivamente) e Indonesia, que a las escasas 660 horas de primaria suma 1.020 en secundaria.

No son los sistemas asiáticos los que cuentan con mayor carga horaria obligatoria en la escuela –aunque las clases particulares son prácticamente generales en sistemas como Corea del Sur, Hong Kong o Singapur y la jornada de estudio, en algunos casos, alcanza altas horas de la noche entre actividades de refuerzo y extraescolares–. Las cifras varían de las 626 horas obligatorias en primaria y 856 en secundaria de Finlandia (3º en PISA) o de las 632 y 850 de Corea del Sur (2º de PISA), a las 916 y 923 de Canadá (6º) y las más de mil de Australia (9º) o los Países Bajos (10º).

Pero si España dedica más tiempo a las clases que la media de la UE, ¿por qué no obtiene mejores resultados? «Porque también se trata de calidad de tiempo», explica Ismael Sanz,³ director del Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEE) de España, que cita un informe reciente de la IEA, el organismo internacional que desarrolla las pruebas internacionales de primaria de TIMSS y PIRLS. «El informe TALIS de la OCDE muestra, a este respecto, que España es un país en donde se pierde un tercio del tiempo de clase manteniendo la disciplina, más que en la media», puntualiza el director del INEE.

La apuesta es clara: menos horas, pero de mayor significado para el aprendizaje. Invertir en calidad del tiempo dedicado a aprender. ¿Haciendo qué? ¿Qué nos dice Finlandia?

Finlandia, proponiendo un norte

Existe una excelente investigación de Javier Melgarejo sobre el sistema educativo finlandés; en 1991 este se empezó a interesar en el tema cuando leyó una publicación sobre la comprensión lectora de los finlandeses. Le llamó la atención el enfoque de equidad y calidad que sobresalía de entre otros grandes ejemplos, como el japonés. Al año siguiente, Xavier se fue a Finlandia y recogió muchos testimonios. Desde entonces ha vuelto continuamente. En 2005 presentó su tesis doctoral sobre el sistema educativo finlandés, *El sistema educativo finlandés: la formación del profesorado de primaria y secundaria obligatoria*. Para su divulgación, publicó el libro *Gracias, Finlandia*.

La premisa del sistema finlandés, nos recuerda Melgarejo, es: «Nuestros hijos e hijas son nuestro bien máspreciado, el tesoro nacional. Ellos y ellas son nuestros bonos del tesoro a veinte años. Por lo tanto, ejercer de maestro en Finlandia es exclusivo de los mejores». Solo los más brillantes son seleccionados para ser educadores y las exigencias para entrar en esta carrera son altas. Así también lo afirma Inger Enkvist, ensayista y pedagoga sueca,⁴ quien no es partidaria de «sobresaturar» a los niños con tareas escolares ni con actividades extraescolares, prácticas demasiado comunes en nuestro entorno: el aprendizaje debe producirse fundamentalmente dentro del aula, afirma, y para ello el énfasis debe ponerse en la aptitud del enseñante, lo cual apunta a que la selección de los docentes debería recaer solo en los mejores. Los métodos de enseñanza son de gran rigor académico; los educadores enseñan menos tiempo, y los estudiantes pasan menos tiempo estudiando. Sin embargo, los resultados son excelentes. Casi todos los jóvenes, al llegar a los dieciséis años, reciben algún tipo de apoyo personalizado u orientación individual en los estudios. La familia finlandesa se considera la primera responsable de la educación de sus hijos. En los hogares finlandeses, los niños observan cómo padres y madres son ávidos lectores de periódicos y libros, y acuden con ellos a las bibliotecas con frecuencia. Por otra parte, hay mecanismos del Estado que garantizan la compatibilidad laboral y la vida familiar.

La familia es la clave para la educación. ¿Cómo facilitamos puentes entre las familias y las escuelas?

Aprender, nuevos lugares, nuevos tiempos para el aprendizaje

Ahora más que nunca, la educación no es lo que sucede entre cuatro paredes de 9.00 h a 17.00 h; los espacios y los tiempos de aprendizaje se han multiplicado.

Aprendemos en múltiples contextos y síncronamente y asíncronamente, y esto ha de aprovecharse también en educación.

Hay experiencias que muestran eso tan sabido, pero a veces poco mostrado, de que «la educación, el aprender-enseñar, no solo se realiza en las aulas».

Pongámonos en contexto: Sevilla, barrio de las «tres mil viviendas».

La barriada popular sevillana conocida como las «tres mil viviendas» se localiza en el sureste de la capital hispalense. Pertenece al barrio de Polígono Sur; las «tres mil viviendas» es un topónimo no oficial, que hace alusión a su zona central. En total tiene una superficie aproximada de 145 ha, en la que habitan unas 50.000 personas. La mayor parte está ocupada por viviendas públicas en régimen de alquiler protegido y otras promociones de vivienda privada; un total de 7.000 viviendas. El barrio está limitado por grandes infraestructuras viarias y ferroviarias, que actúan como fronteras físicas, aislando geográfica y socialmente a este barrio. Es considerada como un claro exponente de «chabolismo vertical». La segregación espacial generó grandes carencias urbanas y favoreció la aparición de problemas sociales muy fuertes, como los altos niveles de analfabetismo o las altas tasas de paro o delincuencia. Las familias han reaccionado en estos años con un activo movimiento asociativo. Son las asociaciones de vecinos y las plataformas las que denuncian el estado en el que se encuentra el barrio, con bloques deteriorados, aguas fecales y basura, sin servicios ni transportes públicos. La población de las «tres mil» está formada por gente de escasos recursos, humildes, muchos de ellos sin formación, pero favorecidos por un talento e innovación artística innata, especialmente en el baile y en el cante flamenco, por lo que es la cuna de numerosos artistas flamencos de renombre y de reconocida fama.

En este contexto, se realiza una experiencia de escuela extendida⁵ y el Banco Común de Conocimientos. En el instituto los estudiantes establecen una comunicación permanente entre sus conocimientos y los que tienen las personas de su entorno más inmediato, y los llevan al aula, donde se transforman en talleres conjuntos entre los profesores del instituto, las personas que tienen esos conocimientos y los alumnos. La clave del Banco Común de Conocimientos es la premisa de que todos podemos enseñar y todos queremos aprender algo que nos interesa. Tan solo tenemos que proponerlo, hablarlo y acondicionar una agenda que nos permita el intercambio. De esta manera, se conforman grupos por interés y la motivación aumenta de manera exponencial.

Otro ejemplo del aprendizaje fuera de las aulas es la «educación invertida», una idea maravillosa, producto de los tiempos que nos toca vivir, pero a veces difícil de concretar en acciones. El docente no es el depositario de todos los contenidos, pues estos están al alcance de los discentes. Si es así, ¿por qué no dar entonces acceso a esos contenidos, instar a los alumnos a que los trabajen, y en el aula, en cambio, nos dedicamos a

comentar, profundizar, aclarar, matizar, relacionar y transformamos las clases en un espacio de crecimiento y reflexión? La clase invertida no es solo pedir a los estudiantes que trabajen unos contenidos «en casa» y después con los docentes, en clase, hacer un resumen o continuar con otros contenidos que se acumularían a los anteriores. La clase invertida implica auténticos talleres participativos, a modo de seminarios, en los que el profesor se adapta a los diferentes ritmos e intereses y utiliza metodologías colaborativas. No es un espectador de «lo que han trabajado sus estudiantes»; incita a tratar esos contenidos desde diferentes perspectivas. Menos clase magistral, más aprendizaje.

Libertad, saber elegir; menos es más... también

La expresión «menos es más» del arquitecto Mies van der Rohe encaja en lo que acabamos de ver, pero también en el contexto de las investigaciones sobre la toma de decisiones. Tener muchas opciones para elegir no es siempre positivo. Una de las claves es la sensación de pérdida sobre lo que has rechazado. Incrementar las opciones disponibles puede no generar libertad, sino parálisis, diría Estupinyà (2014).

Barry Schwartz, psicólogo y autor del libro *Por qué más es menos: la tiranía de la abundancia*, ha investigado cómo influye la cantidad de opciones disponibles frente a una elección, y ha concluido que: 1) pasarse de exigente genera infelicidad, y 2) tener muchas opciones puede ser peor que disponer de pocas. El incremento de opciones y oportunidades de elección tiene tres efectos negativos, todos ellos relacionados entre sí: tomar una decisión requiere de un mayor esfuerzo, los errores son más probables y las consecuencias psicológicas de los errores son más graves. Estamos en un mundo infotóxico, donde miles de estímulos están bombardeando a nuestros estudiantes; así pues, enseñarles a tener criterio, a tomar las mejores decisiones, parece ratificar nuevamente que menos es más.

Los dos ejemplos mencionados, educación extendida y educación invertida, aprovechan esa accesibilidad al conocimiento para valorar contenidos, elaborar criterios sobre ellos, dotar de la capacidad al alumno, evaluar y, autoevaluar permanentemente el proceso.

Implicaciones educativas

Repensar la función de la escuela

La escuela es un espacio privilegiado para la educación, no el único, pero sí un espacio al cual acudir con ganas de aprender, un punto de encuentro de posibilidades para la educación y el aprendizaje. La escuela debería seducir, enamorar. Ser ese escenario donde todos los días los alumnos al salir explicasen en sus casas y entornos qué han aprendido, cómo y para qué, con entusiasmo, y al día siguiente al llegar a la escuela también contar qué han aprendido, cómo y para qué con sus amigos, con sus tutores y con su familia. Y generar mariposas en el estómago. Reconstruir esos vasos comunicantes familia-escuela-trabajo. Si las emociones atraviesan y son la base de todo aprendizaje, qué mejor que tener alumnos contentos, entusiasmados porque el tiempo de aula lo aprovechan tanto como el tiempo fuera de ella.

Más calidad que cantidad

¿Quién no ha oído eso de que los pobres tenemos, pero no podemos comprar barato? Hemos visto que el secreto no está en la cantidad, sino en la calidad, en cómo aprendemos, en cómo ofrecemos oportunidades para el aprendizaje. Por lo tanto, contextos estimulantes y saber jugar con los tiempos educativos será clave para aprender más y mejor. Dotar de competencias actitudinales y estrategias de metaaprendizaje parece mucho más rentable, si queremos en términos de inversión, que no dotar de contenidos que en poco tiempo quedarán obsoletos. Enseñemos a discernir, a valorar críticamente, a compartir, y tendremos personas capaces de argumentar y crear nuevas opciones. Para eso no hace falta estar tanto tiempo en la escuela o el tiempo que estemos en ella nos esforcemos por aprender y enseñar diferente.

Preguntemos a un niño cómo divide su tiempo y seguramente nos responderá: va a la escuela, allí su tiempo se clasifica en clase, patio, comida, clase, y después deberes, tareas extraescolares, cena y dormir. Preguntemos a la familia de ese niño y seguramente nos dirá que apenas tienen tiempo para estar juntos debido a los horarios incompatibles (el trabajo) y que los niños apenas pueden descansar, ni siquiera los fines de semana, que se ocupan con muchas horas como consecuencia de las tareas extraescolares. Ahí, en esa encrucijada, se encuentran familias y escuelas. Y en la escuela también se deben cumplir unos horarios, que son el marco temporal del puzzle del currículo, la atención a la diversidad, las actividades programadas...

Según la OCDE,⁶ los padres que seleccionan las escuelas basándose en la reputación de estas tienen en cuenta como criterios principales los siguientes:

- Logros académicos (rendimiento).
- Entorno y seguridad (y otras cualidades del centro: pistas deportivas, etcétera).
- Distancia entre la escuela y el hogar.
- Coste y posibilidad de becas.

- Proyecto de centro (misión, enfoque pedagógico y religiosidad).

De todos ellos, a mucha distancia de los anteriores y en último lugar, encontramos el proyecto de centro, su enfoque pedagógico y su ideario.

Mejores profesores dignifican la función docente

Debemos invertir en dignificar la función del docente, pues los maestros son nuestros aliados; debemos trabajar en equipo, familia-escuela, un reto compartido. El estereotipo del maestro no es un estereotipo positivo. No es necesario reproducirlo aquí. A su lado, todos recordamos a ese maestro, al nuestro, al único. Porque todos nos hemos quedado boquiabiertos ante las palabras de alguien que, además de enseñarnos, nos ha mostrado su afecto.

Bibliografía

- COBO, C. (2011), «Aprendizaje invisible». <<http://www.aprendizajeinvisible.com/es/>>
- ESTUPINYÀ, P. (2014), *El ladrón de cerebros*, Barcelona, Debolsillo.
- MELGAREJO, J. (2005), *El sistema educativo finlandés: la formación del profesorado de primaria y secundaria obligatoria* [tesis doctoral], Barcelona, Universitat Ramon Llull/Blanquerna.
- SCHWARTZ, B. (2005), *Por qué más es menos: la tiranía de la abundancia*, Madrid, Taurus.

7.

La educación, una cuestión muy seria. Una mirada hacia la dopamina, por *Marta Ligioiz*

Neuromito: La educación demanda seriedad y trabajo duro, pues esto facilita el aprendizaje de forma más eficiente.

Durante mucho tiempo se pensó que «la letra con sangre entra», entendiéndose el castigo y la férrea disciplina como un método educativo para «controlar» o «domesticar» a los niños y jóvenes. Se creía que de esa manera aprendían mejor y aumentaba su atención. El miedo era un elemento esencial y se contemplaba como algo eficaz.

Se le ha dado también mucha importancia a metodologías en las que prima el proceso racional y lógico, la seriedad y el control como elementos básicos. El alumnado se adapta a un sistema en el que se le transmite información. Se evita la expresión emocional por miedo al «possible descontrol». Se teme lo novedoso.

En la educación se premia o se castiga de muchas maneras la adaptación a lo establecido, entendida esta como un medio de regulación social. Hay ejemplos de esto, como los halagos o las duras críticas, el hecho de dar puntos para competir y ver quiénes son mejores y peores, los exámenes como eje de lo aprendido, la afectividad ante las respuestas adecuadas o, en caso contrario, el alejamiento afectivo –lo que lleva a relacionar el comportamiento con el valor del alumno como persona-. Si se consideran la razón y la lógica, unidas a la disciplina y a la seriedad, como la esencia del aprendizaje, a través del fortalecimiento con «premios» o «castigos» –del tipo que sean–, se tendrá un tipo de respuesta esperada del alumnado.

Las investigaciones en neurociencia y educación demuestran que el proceso de aprendizaje es mucho más efectivo y rico cuando combinamos calidez humana, emociones, buen ánimo, cooperación y elementos sorpresa.

¿Qué nos puede aportar la neurociencia?

Los neurocientíficos descubrieron en nuestro cerebro sistemas que estimulan la atención, la motivación y el aprendizaje más eficaz. Esto llevó a que muchos de los elementos de paradigmas educativos antiguos mostrasen un efecto contraproducente, lo que aportó nuevas visiones y posibilidades de mejora.

Nuestro cerebro –con más de cien mil millones de neuronas– es muestra de todo un universo de células con una excelente interrelación. Estas células se comunican entre sí a partir de mensajeros, llamados «neurotransmisores», que pasan de una neurona a otra, enviando información específica para su respuesta. Los neurotransmisores asocian información de forma integral y modulan nuestra atención, motivación y aprendizaje a través de un proceso muy complejo en el que intervienen muchas áreas de nuestro cerebro.

Veamos algunos de los neurotransmisores –y otros aspectos– que intervienen en el intrincado proceso de la motivación y el aprendizaje.

En la primera mitad del siglo XX, los científicos Olds y Peter Milner de la Universidad McGill, de Montreal, descubrieron una zona cerebral –el núcleo *accumbens*– que produce un neurotransmisor llamado «dopamina».

Se definió a este neurotransmisor como «el centro del placer», también llamado «de recompensa o de refuerzo», pues provoca sensaciones placenteras y genera la tendencia a repetir las acciones que produce la dopamina, o a evitar aquellas que lo inhiben. Se comprobó entonces la existencia de este neurotransmisor, dirigido a apoyar la supervivencia y las acciones tendientes a mantener la vida y la descendencia de la especie, en primates y en humanos. Esto provocó una línea intensa de estudio con el fin de determinar hasta qué punto interviene este «centro» en nuestro comportamiento.

Con el tiempo se descubrió que no hay un «centro», sino un «sistema de refuerzo» con comunicación entre diferentes áreas cerebrales que influyen en el conjunto, lo que genera determinados comportamientos. Con respecto a los humanos, los estudios aportaron nuevas informaciones sobre la importancia de la corteza cerebral y otras áreas en la modulación del sistema. También se analizó con gran interés su implicación con la llamada «puerta hacia el infierno de las adicciones».

Más tarde se constató que la dopamina no es un sistema de «placer o recompensa», pues también interviene en otros procesos sin relación con el placer o la recompensa, como determinadas situaciones de evitación, aversión, estrés, dolor, frustración, anticipación o situaciones novedosas. Hoy en día, este neurotransmisor se considera «un sistema de la regulación de la motivación», por lo que participa de pleno en los procesos de aprendizaje.

En investigaciones posteriores, Mercè Correa Sanz, psicobióloga de la Universidad Jaume I, de Castellón, y John D. Salomone, del Departamento de Neurociencia Conductual de la Universidad de Connecticut en los Estados Unidos, entre otros científicos, mostraron cómo la dopamina se produce y actúa en dos tiempos: una rápida

(fásica), con el fin de detectar qué es importante en una situación (*atención*), y otra más lenta y duradera (tónica), en la que el organismo se prepara para conseguir o evitar lo que requiera dicha situación (*comportamiento*). Estas investigaciones plantearon que no se puede hablar de «sistema de placer o recompensa», sino, efectivamente, de «sistema de regulación de la motivación», en el que la dopamina interviene en lo que nos interesa y en lo que nos motiva o desmotiva.

Veamos un ejemplo: mientras conduces, escuchas un sonido extraño en el motor del coche. Tu núcleo *accumbens* produce una descarga rápida de dopamina y tu atención se fija en ello. Produce a la vez una lenta descarga, que se mantiene, con el fin de que te detengas o de que hagas algo para averiguar el peligro que puede haber en esta situación. En el taller te dicen que es algo sin importancia, que no se trata del motor. Tu dopamina disminuye y, si vuelves a escuchar el sonido, la producción será mucho menor, pues ya sabes lo que es, hasta el punto de que no la producirás más ni escucharás nada – habituación que se debe a la disminución de la dopamina–. Sin embargo, si la situación fuese potencialmente peligrosa, la dopamina no disminuiría hasta que el problema estuviese resuelto. Por lo tanto, el sistema no solo actúa con el placer. En la situación planteada, actuarían también otras áreas, por supuesto, y ante un posible peligro se generarían diversas emociones. Los datos se barajan y la corteza prefrontal interviene activamente en esa búsqueda de solución.

Ante hechos novedosos también aumenta la producción de dopamina, y el interés se mantiene elevado mientras poco a poco dominamos la situación; después, la producción disminuye, pues ya no necesitamos tanta atención.

Pero no todo este proceso está dirigido y determinado por la dopamina, pues este sistema está íntimamente relacionado con otras áreas de nuestro cerebro, como la corteza prefrontal –detrás de la frente–, que, mientras recibe información múltiple, toma decisiones e incluso modifica el grado de producción de dopamina y otros neurotransmisores. Sigamos, pues, adelante con los descubrimientos neurocientíficos sobre la dopamina con el fin de dar con posibles implicaciones educativas.

La producción de dopamina aumenta con el buen trato, el respeto y el afecto hacia los demás, así como con la cooperación y el sentimiento de pertenencia y la superación de obstáculos. Aumenta también con el apoyo y la confianza, con metodologías creativas que permiten nuestra participación, con métodos novedosos que estimulan las capacidades y los valores intrínsecos. ¿Por qué? Porque todo ello asegura una supervivencia más eficaz. Lo contrario puede hacer disminuir su producción –cuando no hay interés– o aumentarla, en el caso de que se genere rechazo, resistencia o aversión. Debemos tener en cuenta que la dopamina forma parte de un sistema de supervivencia que actúa inconscientemente e influye en nuestras respuestas, más si se tiene en cuenta que la corteza prefrontal baraja la información y envía señales que modifican la respuesta del sistema.

Ahondemos un poco más

El «sistema dopaminérgico», llamado así fundamentalmente porque su neurotransmisor utiliza la dopamina como mensajera, es una red interconectada en diferentes puntos desde los que se transmite la información y se activan recursos de atención, memoria y aprendizaje.

Las zonas esenciales productoras de dopamina son: el núcleo *accumbens*, el área ventral tegmental (VTA, por sus siglas en inglés) –ubicada en una zona llamada «tegmento»– y la «sustancia negra», relacionada con el control de los movimientos y cuyo déficit causa la enfermedad de Parkinson. De estas zonas se desprenden ramificaciones que comunican con diversas áreas, muy importantes en el aprendizaje, como las relacionadas con las emociones, la atención, la memoria y la toma de decisiones –las amígdalas, el hipocampo y la corteza cerebral–.

La corteza prefrontal se asemeja al director de una orquesta que toca una sinfonía: dirige la música que elegimos para nuestra vida. Esta corteza es capaz de crear maravillas, pero, si no aprendemos a utilizar nuestras capacidades, también desilusiones. La dopamina ayuda, junto con otros factores, en la toma de decisiones.

Las emociones son esenciales, son el «pegamento» del aprendizaje, el cemento de nuestros recuerdos; los consolidan. Un aprendizaje neutro, sin emociones, será superficial y poco duradero. Las emociones potenciadoras estimulan la actividad del hipocampo y con ello la memoria, y elevan la producción de neurotransmisores del aprendizaje. El miedo o el estrés, por su parte, estimulan las amígdalas cerebrales, con lo que dificultan el proceso de aprendizaje. En estos casos, aumentarán las hormonas del estrés en la sangre –como la adrenalina y el cortisol–, con lo que se producirán cambios corporales generalizados. A través del miedo, los alumnos entrarán en un estado de supervivencia y defensa, por lo que se alejarán de una capacidad cortical prefrontal mayor. Tras muchos estudios de investigación, hoy nos consta que el cortisol elevado a lo largo del tiempo debido al estrés crónico afecta el hipocampo, lo que primero destruye conexiones y después neuronas. Por eso, una persona estresada comenzará a notar que su memoria y su concentración fallan.

En el ámbito educativo ha sido un tesoro el desarrollo de la inteligencia emocional, pues con ella se regulan los ingredientes necesarios para un buen aprendizaje y desarrollo humano. En estos casos, el área prefrontal dialoga con las demás estructuras de forma más armónica, por lo que se equilibran y se potencian entre sí los mecanismos y los recursos dirigidos a un descubrimiento vital y a un excelente aprendizaje.

El sistema de la dopamina se relaciona directamente con otros sistemas que utilizan otros mensajeros (neurotransmisores), como la serotonina o las endorfinas (opioides), que inciden –también de forma directa– en el aprendizaje, con lo que generan un buen estado de ánimo y provocan la activación de ciertas capacidades y de la analgesia natural. Estos sistemas se comunican entre sí, se refuerzan mutuamente y crean un terreno fértil para que cualquier aprendizaje se lleve a cabo de manera mucho más fácil,

agradable, duradera y eficaz. De hecho, muchos científicos continúan utilizando el concepto de «sistema de refuerzo», y se refieren a la unión de estos tres neurotransmisores.

La serotonina se relaciona con el estado anímico y la activación cortical. Cuando nos sentimos muy bien de ánimo, somos personas más efectivas, cooperativas, valientes, empáticas, resolutivas y un largo etcétera. En estos casos, solo debemos recordar que estas sensaciones se deben a la activación de áreas corticales y a la regulación emocional, que nos aportan recursos y mejoras en las habilidades.

Cómo afecta el estado de ánimo, lo novedoso, lo divertido, lo intrigante o lo sorprendente en el aprendizaje y la motivación

El equipo de Brian Knutson, profesor de Psicología y Neurociencia de la Universidad de Stanford, llevó a cabo estudios con voluntarios para ver la relación entre la serotonina y la cooperación o la violencia.

Los voluntarios se dividieron en dos equipos, a los que se les asignó la solución de un rompecabezas Tangram, que consiste en manejar siete piezas triangulares de forma rápida para crear determinadas figuras preestablecidas. Mediante fármacos, a uno de los grupos se le potenció el aumento de serotonina.

Los resultados mostraron que la serotonina ayuda a la cooperación con los demás y a disminuir la violencia y la competitividad. Los que tenían niveles más bajos de serotonina mostraron más rivalidad e individualismo, mientras que los restantes cooperaban, se interesaban por las situaciones de los demás y mejoraban los resultados en el juego.

La autogestión emocional y el cuidado del ánimo en las aulas aumentan de manera natural los niveles de serotonina, y, con ello, la cooperación. No se necesita ningún fármaco; basta con mejorar las relaciones y la calidad humana, con cuidar los vínculos y el clima de aprendizaje. Prevenimos así la violencia y trabajamos mejor en equipo. Por lo tanto, en la educación cuidar el estado anímico significa asegurar un buen aprendizaje y un buen desarrollo de las habilidades.

Contamos con un interesante cóctel para tener en cuenta a la hora de aplicar metodologías educativas.

Implicaciones educativas

Lo divertido también mejora el aprendizaje y los resultados académicos

Los psicólogos William Hart, de la Universidad de Alabama, y Dolores Albarracín, de la Universidad de Illinois, llevaron a cabo un estudio con un grupo de estudiantes en el que los clasificaron según las notas obtenidas y los agruparon entre los que se mostraban interesados por destacar y los interesados en «pasarlo bien».

Se planteó una prueba tipo examen. Los estudiantes miraron primero en un ordenador breves destellos con palabras relacionadas con el éxito, como «perfección», «logros» y «sobresalir». Tras esto, resolvieron sopas de letras o juegos de ahorcado. Quienes querían sobresalir superaron a los otros, por lo que, al parecer, corroboraban las preconcepciones usuales respecto a los alumnos mejor adaptados al sistema. Pero un estudio posterior rompió dichos esquemas.

Esta vez, en lugar de mostrar el trabajo como un examen formal de competencia lingüística, los investigadores señalaron que se trataba de «jugar». Los resultados de ese cambio semántico fueron radicales. Los alumnos rezagados superaron mejor las pruebas y en gran medida sobresalieron por encima de los de las notas altas. Por lo tanto, el estudio cuestionó los prejuicios ante alumnos con menor rendimiento escolar. ¿Se trataba de peor rendimiento o de aburrimiento y de falta de motivación? La diversión alienta la motivación y el rendimiento de muchos alumnos.

Otros investigadores lo corroboran y han llegado a la misma conclusión. Es el caso de Paul Howard-Jones, del Departamento de Psicología y Neurociencia de la Universidad de Bristol, quien corroboró que cuando las tareas se plantean de manera lúdica o divertida el alumnado está dispuesto a mayores retos y los emprende con mayor motivación y eficacia.

Lo novedoso, la incertidumbre, la curiosidad y la expectación aumentan los niveles de dopamina, lo que favorece la atención y el interés

Pero ¿cómo actúan dichos aspectos en la mejora del aprendizaje? Hay estructuras que intervienen directamente, como el hipocampo (situado en la cara inferior-interna del lóbulo temporal), llamado «detector cerebral de novedades» por el Instituto Cognitivo de la Universidad Otto von Guericke de Magdeburgo y por otros investigadores. Según sus trabajos, realizados a partir de resonancias magnéticas funcionales –para comprobar la actividad cerebral mientras se realizan acciones concretas–, se aprende más eficazmente incorporando elementos novedosos. En uno de sus estudios, llevado a cabo con jóvenes de entre 18 y 30 años, se le mostraba a un grupo fotografías conocidas junto con otras novedosas y al otro grupo solo imágenes conocidas. Tras esto se mostraban palabras que debían clasificarse según su importancia. Se comprobó que la memoria de todas las imágenes mejoraba cuando se incluían elementos novedosos, ya que la capacidad perceptiva se enriquecía. Y, además, en días posteriores la memoria seguía siendo mayor en estos casos. Cuando volvían a ver las mismas imágenes del día anterior, o las mismas

unidas a otras nuevas, recordaban mejor cuando se incluían nuevas porque el sistema hipocampo-áreas dopaminérgicas aumentaba su actividad.

El hipocampo se activa inmediatamente ante lo nuevo y envía información hacia áreas productoras de dopamina (sustancia negra, área ventral tegmental, núcleo *accumbens*), que a su vez retroalimentan la actividad, mejorando la memoria, la percepción y el aprendizaje. Cuando solo aparecen elementos conocidos, la actividad es mínima, lo que repercuten en la atención y la motivación.

Sería más efectivo, pues, no iniciar la clase recordando los contenidos del día anterior, sino introducir primero la materia nueva desconocida y tras ello repasar contenidos anteriores. Invertir el proceso habitual puede mejorar el recuerdo y el asentamiento de los contenidos ya tratados.

Como dijimos, las emociones son esenciales

Las emociones son útiles para fomentar el interés, pues motivan, fortalecen y activan capacidades corticales que afianzan el proceso. La motivación se activa entonces para conseguir un objetivo: llevar a cabo un camino nuevo de conocimientos y experiencias.

Para ello, los siguientes ingredientes son muy importantes:

Tabla 3

Sorpresa Respeto Participación Emociones Lo novedoso Cuidar el estado anímico	Intriga Afecto Cooperación Encontrar una relación y utilidad en su mundo. ¿Para qué? Potenciar el autoaprendizaje	Creatividad Confianza en el alumnado Poder expresarse con libertad Permiso para poder innovar y crear Permitir los ritmos propios
--	---	---

El cerebro, al activar la atención, se coloca en el «presente»: aquí y ahora, lo que facilita el «fluir», estado muy receptivo y propicio para experimentar y entregarse al descubrimiento de la vida. Lo anterior estimula la creatividad, la concentración y la perseverancia. La felicidad forma parte de nuestro desarrollo, pues nos aporta sentido vital, pasión y confianza. Este estado de ánimo es un elemento transversal que une los eslabones de un aprendizaje extraordinario.

Barbara L. Fredrickson, directora del Laboratorio de Sentimientos Positivos y Psicofisiología de la Universidad de Michigan, investiga los efectos de las emociones y los buenos sentimientos sobre el aprendizaje y la conducta. En uno de sus estudios se mostraron escenas para inducir estados de ánimo: alegres y relajantes en un grupo y de tensión, miedo o tristeza en otro. Tras ello se les propusieron ejercicios con figuras geométricas para captar la capacidad de absorber nuevas ideas y resolver posibles semejanzas. Los resultados mostraron que en el primer grupo había mayor capacidad y apertura hacia una visión global y abierta.

En otros estudios de la misma investigadora se pudo constatar que las personas con mejor ánimo y alegría son capaces de afrontar mucho mejor las situaciones difíciles. Había una estrecha relación entre la superación ante la sobrecarga psíquica y la alegría existencial.

En relación con el estado de ánimo y con cómo afrontamos el estrés, midiendo los efectos somáticos su equipo recreó una experiencia con varios grupos. Monitorizaron su tensión arterial, su ritmo cardíaco y su perfusión de la mano. Se les provocó tensión al proponerles elaborar en un minuto una presentación oral que tendrían que exponer y que sería evaluada. Los valores se elevaron ante dicha situación. Una vez terminado el tiempo se les dividió en cuatro grupos, se les dijo que había sido una broma y visionaron escenas de diversión, felicidad, neutras y de tristeza, respectivamente, según el grupo. Los valores regresaron a la normalidad, muy rápido en quienes visionaron alegría y felicidad, más lento en el tercer grupo, con escenas neutras, y con gran diferencia en el último grupo, que vio escenas tristes, y el cual tardó mucho más en volver a un estado de normalidad.

Alice Isen, psicóloga de la Universidad Cornell, en Ithaca, que trabaja desde hace más de treinta años en las influencias del optimismo en el pensamiento y en las habilidades, llevó a cabo un estudio sobre la posible relación entre los sentimientos positivos y la

creatividad. Su equipo utilizó para ello el test de las «asociaciones remotas» de Sarnoff Mednick, que consiste en pensar en un término que guarde relación temática con tres conceptos expuestos. Las personas con mejor ánimo consiguieron mayor número de asociaciones. Se comprobó una vez más que la creatividad no solo es talento, sino un estado de ánimo que lo propicia y genera.

Alice Isen también estudió la relación entre el estado de ánimo y la capacidad de diagnosticar de un médico. A algunos de ellos se les hizo un pequeño regalo, unas bolsas de dulces, lo que los llevó a un mejor estado de ánimo. Estos médicos mostraron más rapidez a la hora de manejar los datos de los pacientes, con mayor apertura a desechar conclusiones prematuras y a abrir otras posibilidades. De esta forma, el pensamiento se vuelve más amplio, flexible, abierto y creativo.

Cuando nos sentimos alegres disminuye el miedo, nos abrimos con esperanza hacia el futuro y se refuerzan la cooperación y los vínculos sociales. Somos más flexibles y creativos. Nuestros recursos afloran y nos ayudan.

Cuando unimos en el proceso de aprendizaje un lenguaje, también simbólico-metáforico-emocional, los senderos cerebrales que se establecen crean redes interconectadas asociadas entre lo simbólico y lo racional, lo lúdico y lo trascendente. Se fragua así una gran aleación que perdurará en la memoria.

Ni los castigos ni las serias exigencias podrán conseguir que el aprendizaje sea efectivo en nuestro interior, que transforme y genere un terreno fértil en el que se genere pasión. Que amemos lo aprendido y queramos recordarlo.

Y si opinamos que sería bueno premiar para reforzar comportamientos, es importante hacer una reflexión: ¿de quién es el objetivo, del alumnado o del profesor? Si los alumnos reciben premios por actuar como se espera que hagan, no porque ellos lo elijan y les parezca interesante, sino por el premio establecido y dirigido por el adulto, se estimula la necesidad de aprobación externa.

Los premios extrínsecos, en los que el profesorado decide qué es adecuado premiar, qué es valorado y con qué, apoyan la necesidad constante de aprobación externa, la comparación hacia una competitividad y la lucha por sobresalir. Esto dificulta la autonomía, la responsabilidad y la autoestima. En muchos otros casos, abona el desencanto y la falta de interés.

Hemos de tener en cuenta que la mayor motivación y producción de dopamina no ocurre al conseguir la meta, sino en el proceso. Son las expectativas de llegar a superar un reto y la incertidumbre las que la estimulan. De hecho, si el reto es muy fácil o demasiado complicado, habrá menor interés. En los estudios de psicología cognitiva se ha comprobado que una incertidumbre aproximada de 50/50 sobre las probabilidades de éxito son las que mayor cantidad de dopamina generan. Los juegos proporcionan todos los ingredientes para ello, pasando a menudo por fases de dificultad creciente, lo que potencia la motivación. Se producen retroalimentaciones continuas y el alumnado va desarrollando habilidades y aprende mientras disfruta y se enfrenta a sus límites.

No son tan importantes las respuestas como las preguntas y los interrogantes

Las preguntas son las que realmente generan experiencia y transformación. Las que cuestionan, aportan curiosidad y desarrollo. Dar mayor valor a unas notas impuestas es oprimir el aprendizaje.

Apoyar y estimular la superación en el alumnado es importante, siempre que sea hacia sus propias metas, esfuerzos y valores, no como una generalidad impuesta. El afecto, el respeto y creer en sus posibilidades será el mayor refuerzo hacia su integridad. El área prefrontal cortical estará madurando hacia su autogestión, modulará el sistema de motivación y potenciará la autonomía y la pasión.

Un refuerzo tipo premio ante un éxito del estudiante cuando lo consigue por sí solo – sin necesidad de un estímulo – podría perjudicar su aprendizaje. Lo más importante sería el valor que el alumnado le da y el camino recorrido, mucho más importante que el resultado. La dopamina sube más durante el reto que tras el éxito.

Celebrar el proceso es apoyar el interés y dar sentido a los errores y «fracasos» como grandes maestros que nos orientan, que son pasos preliminares hacia la consecución final. Si lo importante solo son los resultados y el éxito, eso propiciará el miedo a las equivocaciones y habrá inhibición en la experimentación, abandono fácil ante los primeros errores y falta de perseverancia. Se destruye la pasión por el placer de experimentar y se mina la curiosidad.

Los refuerzos intrínsecos son los que marcarán un futuro de integridad, autonomía y autovaloración personal.

Los neurocientíficos comprobaron que, cuando hay acciones de superación ante las dificultades, hay un aumento de dopamina en el núcleo *accumbens*, mientras que si no se pretende superar o hay conformidad, hay menos producción. Igualmente, cuando no vemos aplicación o relación con nuestra vida, las emociones generadas, así como otros centros corticales, pueden inhibir la atención por considerarlas irrelevantes, lo que a su vez interviene sobre los sistemas dopaminérgico, serotoninérgico y opioide. Como vemos, nada actúa por separado y de forma independiente.

Con los descubrimientos del sistema dopaminérgico hubo diferentes tendencias, como suele ocurrir en cualquier otra disciplina. Unas consideran a la dopamina determinante en nuestro comportamiento, incluso con poca posibilidad de intervención sobre ella. Las adicciones afectan molecularmente a dicho sistema, aumentan su producción, por lo que se han planteado técnicas de conductismo, asociando refuerzos (premios) o castigos a comportamientos.

Otras tendencias, en cambio, incidieron más en un complejo sistema que no podía tratarse de forma individual e independiente, interviniendo sobre la corteza prefrontal para regular dichas funciones.

Hoy se sabe que, aunque en las adicciones interviene, por supuesto, la dopamina, junto con otros neurotransmisores y acciones cerebrales, lo más efectivo es un trabajo cortical (junto con acciones integrales emocionales-corporales), donde aprendemos a gestionar nuestra vida y nuestras emociones, nuestros valores, y a autorregularnos en un equilibrio interno y externo. En este sentido, la matriz cerebral responde y nos

reforzamos como seres humanos más libres. Aprender a vivir es una asignatura que dura toda nuestra vida.

Una tendencia educativa que sobrevalora la dopamina sobre otras áreas y sistemas podría llevar a premiar de forma inadecuada a los estudiantes, a excesos de permisividad, halagos contradictorios, a que los alumnos huyan de cualquier tipo de límites o a no confiar en las propias capacidades del alumnado ante las dificultades y los retos cotidianos. Lo que convertiría la influencia de la dopamina en los estudiantes en un neuromoto.

El aprendizaje es un sistema complejo en el que intervienen múltiples factores. Factores emocionales, metabólicos, sistemas de neurotransmisores, corticales..., que hacen que se creen nuevas sinapsis y conexiones para volverse estables, y que pueda integrarse lo aprendido. Tener en cuenta todo este conjunto hará el aprendizaje más eficaz, fácil y agradable. La pasión, el descubrimiento de talentos y la felicidad son la esencia que mueve nuestro interior para desplegar cuanto realmente somos.

Veamos un ejemplo de aplicación práctica en dos procesos diferentes en el aprendizaje:

1. Un aprendizaje o memorización que dura poco y se olvida con rapidez

¿Cómo estudiamos para un examen? Lo hacemos solo los últimos días, de forma intensa. Después del examen, se difumina el aprendizaje, pues las conexiones entre neuronas no se han reforzado ni establecido de forma permanente, ya que no hay conexiones entre las diferentes áreas cerebrales implicadas.

2. Un aprendizaje que se integra con gran arraigo se recuerda a largo plazo, ejerciendo efectos en otras áreas de nuestra vida

Este tipo de aprendizaje forma parte de nuestro bagaje personal y colectivo. Las conexiones se han ido reforzando y asociando con otros estímulos relacionados durante el proceso. Al estar activas las nuevas sinapsis en el tiempo, los núcleos de las neuronas postsinápticas (las que reciben la información) provocan que determinados genes dirijan la producción de proteínas específicas, que irán a reforzar y a establecer uniones permanentes en la sinapsis, facilitando a su vez la rapidez del paso de información. También se han ido creando nuevas redes de información con el área prefrontal, nuestra dirección de orquesta, eje esencial para afianzar el proceso. Se llevan a cabo con éxito los pasos de codificación adecuada, almacenamiento y recuperación de la información.

La perseverancia basada en la motivación, la curiosidad, el buen ánimo y la superación personal completará un proceso de aprendizaje que de un modo impositivo no se llevaría a cabo.

Según lo comentado hasta aquí, algunas conclusiones que podemos extraer son:

- Hay medios metodológicos que activan áreas cerebrales que mejoran el proceso de aprendizaje y su integración.

- La dopamina interviene en la regulación de la motivación, pues une su acción con otros neurotransmisores y áreas corticales. Esto mejora, en conjunto, el clima, la confianza, los retos, el estado de ánimo y el bienestar, con lo que se propicia un mejor aprovechamiento de recursos cerebrales.
- Sobrevalorar la dopamina de manera independiente generará acciones contradictorias educativas, pues se reforzará la experiencia sin tener en cuenta otros factores de superación intrínsecos del alumnado. Por el contrario, no tener en cuenta su influencia pondrá el viento en contra en nuestra navegación.
- El control, la seriedad y el uso de procesos puramente racionales con frecuencia activan la dopamina para evitar dicha actividad –lo que se une a las emociones generadas y el tipo de activación de otras áreas corticales–, por lo que se generan resistencias y se dificulta la atención y la memoria. De este modo, será fácil que se acostumbren a estudiar para un examen. *Las emociones son el pegamento del conocimiento.*
- Actividades que unen lo racional con lo simbólico-metafórico, lo lúdico con lo trascendente, la creatividad e innovación con la utilidad en su propio mundo, la intriga con la sorpresa y la valoración de los errores con los fracasos crean una red interconectada de estímulos que al unísono generarán una navegación «a favor del viento cerebral». Esto asegura un aprendizaje integrado.
- La curiosidad crea pasión y aventura vital, y aporta sentido. Disminuye también el miedo. Alentar la curiosidad es alentar el aprendizaje.
- Podemos mejorar la calidad de vida del profesorado y del alumnado aplicando en claustros y aulas metodologías que respondan mejor a nuestro funcionamiento cerebral. Poseemos una mente maravillosa que nos puede llevar a aprender maravillosamente.
- Cuidar de las emociones y del estado anímico es invertir en mejoras muy importantes, personales y colectivas.

A veces puede parecer complicado cambiar hábitos educativos, pero solo se necesita comenzar, dar pasos y comprobar que nuestros límites estaban en la mente.

Que vuela la imaginación

Es importante unir diferentes lenguajes cerebrales, que se activarán al unísono, lo que creará muchos caminos activos que potenciarán el aprendizaje de manera exponencial. Imaginación, creatividad y novedad. Teatro y simulaciones, análisis y reflexiones hacia un pensamiento crítico, trabajo en equipo, cooperación como eje central, emociones, música, etcétera.

Crear formas

Se deben plantear propuestas para que el alumnado participe activamente, para que sienta utilidad en su mundo y aporte ideas sobre qué y cómo le gusta aprender, incluso sobre cómo enseñaría la asignatura y de qué manera la haría interesante. Darles la

oportunidad de participar y la posibilidad de transformación activará capacidades corticales y neurotransmisores facilitadores del aprendizaje, lo que favorecerá la motivación.

Que no nos falte el cariño: participación emocional y afectiva en clase

El cariño genera vínculos, claves para la activación favorable de los sistemas de motivación. Por eso es importante crear espacios de expresión, entender cómo se sienten los alumnos con la asignatura, en clase o fuera de ella. Es importante también que puedan compartir sus experiencias y dar ideas de cómo podrían ayudarse, dando importancia a la cooperación con ejercicios adecuados para ello. Recordemos que, sin emociones, el aprendizaje no se integrará de forma eficaz.

Atrae lo que te apasiona

Une aquello que te apasiona a la metodología empleada y surgirán muchas posibilidades. Una profesora de una escuela de enfermería, amante de la música, consiguió que sus alumnos aprendieran con canciones creadas para ello, de forma fácil y divertida, las materias más complicadas y que siempre les costaba recordar. Las grabaron para poder escucharlas y fue todo un éxito. ¿Qué pasión tienen los alumnos? ¿Y tú? La pasión es nuestra gran aliada. Convierte lo difícil en fácil, los problemas en retos, los fracasos en fortalezas.

Cada día es una nueva experiencia

Es fundamental aportar novedad, intriga, elementos sorpresa, ilusión y relacionar todo esto con la vida del alumno. Valorar el presente, sus goces y sus retos.

Creer que es posible

Es necesario creer que es posible, tanto para ti como para el alumnado. Transmitir confianza y esperanza. Creer que son capaces de conseguir lo que se propongan. Descubrir los talentos de cada persona y estimularlos. Potenciar y disfrutar del viaje vital. Confiar en su maravillosa mente.

Bibliografía

- CASAFONT, R. (2014), *Viaje a tu cerebro emocional*, Barcelona, Ediciones B.
- D'ARGEMBEAU, A., *et al.* (2004), «Influence of affective meaning on memory for contextual information», *Emotion*, 4, pp. 173-188.
- DISALVO, D. (2011), «La diversión motiva», *Investigación y Ciencia (Mente y Cerebro)*, 47, p. 8.
- FENKER, D., y SCHÜTZE, H. (2014), Importancia de la novedad en el aprendizaje y la memoria», *Investigación y Ciencia (Mente y Cerebro)*, 9, pp. 62-65.
- FREDRICKSON, B. L. (2001), «The role of positive emotions in positive psychology: The broaden-and-build theory of positive emotions», *American Psychologist*, 56, pp. 218-226.
- (2004), «El poder de los buenos sentimientos», *Investigación y Ciencia (Mente-Cerebro)*, 8, pp. 74-78.
- FREDRICKSON, B. L., *et al.* (2001), «What good are positive emotions in crises?», *Journal of Personality and Social Psychology*, 84, pp. 365-376.
- GERVER, R. (2012), *Crear hoy la escuela del mañana*, Madrid, Ediciones SM.
- GUITART-MASIP, M., *et al.* (2011), «Action dominates valence in anticipatory representations in the human striatum and dopaminergic midbrain», *The Journal of Neuroscience*, 31 (21), pp. 7.867-7.875.
- ISEN, A. M. (1987), «Positive affect, cognitive processes and social behavior», *Advances in Experimental Social Psychology*, 20, pp. 203-253.
- L'ECUYER, C. (2013), *Educar en el asombro*, Barcelona, Plataforma.
- LEE, A., *et al.* (2002), «Stress and depression: possible links to neuron death in the hippocampus», *Bipolar Disorders*, 4, pp. 117-128.
- ROBINSON, K. (2009), *El elemento. Descubrir tu pasión lo cambia todo*, Barcelona, Grijalbo.
- TORO, J. M. (2014), *Educar con co-razón*, Bilbao, Desclée De Brouwer.
- VÁZQUEZ, C. (2006), «La psicología positiva», *Papeles del Psicólogo*, 27 (1), pp. 1-2.

8.

¿Utilizamos solo
el 10 % de nuestro cerebro?,
por *José Ramón Gamo*
y Carme Trinidad

Neuromito: Utilizamos solo el 10 % de nuestro cerebro.

De los neuromitos de este libro hay dos que podrían competir por el mismo (y primer) puesto; el de que cada hemisferio cerebral gobierna una serie de funciones y el de que solo utilizamos el 10 % de nuestro cerebro.

Es muy posible que nosotros mismos lo hayamos dicho en alguna ocasión y seguro que lo hemos escuchado o leído. Pero ¿nos hemos ocupado de contrastarlo? ¿Lo hemos cuestionado?

Así las cosas, nos proponemos descifrar cuál es el posible origen de dicha aseveración y qué base científica podría tener. Es decir, ¿qué hay de verdad en ello? Además de valorar qué consecuencias provoca creer que solo utilizamos el 10 % de nuestras capacidades mentales.

El origen del mito

Buscar los núcleos afirmativos que dieron origen al mito ha sido, en este caso, tarea harto difícil y con resultados difusos. Lo que es seguro es que el neuromito se ancla en las prácticas sociales y en el discurso social, y una idea novedosa como pensar cuál es en definitiva la capacidad humana puede conllevar inexactitudes e imaginarios que permiten finalmente acercarse a algo que es *a priori* desconocido. Si a una idea de esa naturaleza le añadimos hechos y acontecimientos concatenados en el tiempo, resulta que en las interacciones sociales se construye la máxima de que solo utilizamos el 10 % del nuestro cerebro.

Vamos a seguir las huellas que parecen haber originado este neuromito.

Situémonos en 1936, acerquémonos a una librería en busca de una explicación que nos permita comprender cómo nos relacionamos y nos influimos las personas. Buscamos y nos encontramos con una publicación: *Cómo ganar amigos e influir sobre las personas*, escrito por Dale Carnegie. Abrimos el libro, leemos el prólogo de Lowell Thomas y nos topamos con que citando a William James (*alma mater* de Harvard), allá por 1908, defendía que solo utilizamos una pequeña parte de nuestros recursos mentales y físicos.

Sigamos la línea del tiempo y busquemos en qué se podría haber inspirado James. Podría haberse basado en los trabajos realizados por Franz Joseph Gall (1758-1828), el que es considerado padre de la frenología. Gall fue el primero en estudiar la relación entre las diferentes regiones del cráneo y las funciones mentales del cerebro.

Gall defendía la existencia de una correlación entre la estructura craneoencefálica y las áreas del cerebro para así asociar estas regiones anatómicas con diferentes funciones mentales. Asimismo, establecía una relación entre los fenotipos del cráneo y el carácter, e incluso las tendencias criminales de las personas.

En 1806, Gall hizo su primera disertación pública sobre «craneoscopia», pero la comunidad científica, representada por la Academia de Ciencias de París, no reconoció sus teorías, pues consideró que no había utilizado el método científico. En 1908 abandona Viena, pero después de dos años vuelve a París con su colega Johann Gaspar Spurzheim (1776-1832) y publican *Anatomie et physiologie du système nerveux en général* (1810), considerada la mayor aportación de Gall a la neuroanatomía. De esta obra se desprenden tres grandes conjeturas:

- El tamaño y la forma del cráneo reflejan el tamaño y la forma subyacentes del cerebro.
- Las capacidades mentales son innatas y fijas.
- El nivel relativo de desarrollo de una capacidad innata es un reflejo del tamaño del cerebro heredado.

Este enfoque correlacional fue dando paso a la experimentación; la concepción de unas capacidades innatas y fijas, por su parte, fue avanzando hacia una perspectiva más dinámica y evolucionista del desarrollo de nuestras capacidades mentales. Así fue como se demostró que no existía una correlación entre el tamaño y las regiones craneales y las cerebrales.

Aunque el método de investigación utilizado no era el adecuado y –tal como la neurociencia ha ido demostrando– las conjeturas eran erróneas, debemos valorar la labor de Gall y sus aportaciones a la neurociencia en cuanto a que establece unos principios en la historia de la localización de las funciones del cerebro.

Sigamos con la convergencia de publicaciones e ideas sobre el cerebro.

En 1825, Pierre Flourens era un joven médico afincado en París que estaba dedicando sus esfuerzos al estudio de las lesiones localizadas del cerebro a través de experimentos con conejos y palomas. Estos estudios lo llevaron a desarrollar la teoría fisiológica de la sensación y en 1824 publica su obra *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux*, que le supone el respeto y admiración de sus colegas y la entrada en la Academia de Ciencias de París. Napoleón Bonaparte, aconsejado por los miembros de la Real Academia de París, le encargó seguir con los estudios que había iniciado Gall años atrás. Curiosamente, Pierre Flourens había sido un gran detractor de las teorías y métodos de Gall, pero tras seguir sus investigaciones y desarrollar sus nuevas teorías localizacionistas, Flourens terminó reconociendo la valía de las aportaciones que había realizado Gall, sobre todo al entender que «el cerebro era el órgano de la mente». Y en la revisión de *Recherches expérimentales* en 1847 presenta sus estudios: la demostración experimental de la localización de funciones en el cerebro.

Sus hallazgos relativos a la capacidad de recuperación de una función determinada después de lesionar un área pudieron hacer pensar que no estábamos utilizando todos los recursos disponibles en nuestro cerebro (la ciencia ha demostrado que por muy pequeña que sea la región lesionada siempre se ven funciones afectadas). En ocasiones estas funciones no son especialmente relevantes, lo que nos permitiría vivir sin mayores repercusiones, pero otras veces una pequeña lesión en un área determinada del cerebro puede tener repercusiones neurofuncionales y, por lo tanto, neurocognitivas muy graves, provocando severos trastornos a las personas que la padecen.

Uno de los casos más populares que puede servirnos para ilustrarnos es el de Phineas Gage. Phineas era considerado un hombre amable, comedido y educado. Trabajaba, a mediados del siglo XIX, como capataz en la construcción del ferrocarril en Vermont. En el trabajo se lo conocía como un hombre responsable, eficiente y capaz. Pero en 1848, mientras trabajaba en la construcción del ferrocarril, tuvo un accidente. Cuando se disponía a provocar una explosión, un descuido hizo que con la explosión una barra de acero de un metro de largo, tres centímetros de diámetro y un peso de seis kilos le atravesara la mejilla izquierda y le saliera por detrás después de atravesar su córtex anterior (lóbulo frontal). Para sorpresa de todos, especialmente del doctor Harlow, que lo atendió, Phineas se recuperó rápidamente de sus lesiones físicas y no parecía haber desarrollado lesiones neurocognitivas relevantes. Sin embargo, con el tiempo se fueron

manifestando graves trastornos en su vida, pasó a ser una persona grosera, mal educada, impulsiva y en ocasiones con un carácter agresivo. En el trabajo se volvió ineficaz, era irresponsable, descuidado y desorganizado. Perdió la familia y peregrinó de trabajo en trabajo. Era un hombre que no paraba de generar planes, pero no llevaba a término ninguno, además, se dio a la bebida. Finalmente murió a los 38 años, después de múltiples crisis epilépticas.

La lesión en el lóbulo frontal alteró sus funciones ejecutivas, teniendo como consecuencia dificultades para autorregular sus emociones, inhibir sus impulsos y, en consecuencia, sus acciones. Era incapaz de reflexionar sobre consecuencias en el futuro y de persistir en sus planes. En definitiva, perdió las facultades necesarias para gobernarnos con buen tino.

Volviendo a Pierre Flourens, con sus experimentos demostró que mediante la eliminación de los hemisferios cerebrales, la percepción, la motricidad y el juicio eran abolidos, mientras que eliminando el cerebelo se afectaba el equilibrio y la coordinación motora, así como la destrucción del bulbo raquídeo provocaba la muerte.

Estos experimentos llevaron a Flourens a la conclusión de que si bien se podía hablar de que las funciones sensoriales tenían una localización concreta en estructuras subcorticales, las funciones mentales superiores no, pues se encuentran repartidas por todo el cerebro; por lo tanto, consideraron que el cerebro era un órgano unitario.

A esta conclusión llegó Flourens trabajando con animales que tenían muy poca corteza, lo que le impidió localizar funciones asociadas con la memoria y la cognición. Sin embargo, nos aventuramos a afirmar que estos datos fueron malinterpretados por William James y dan lugar a que siglos después, basándose en los estudios de Flourens, se llegara a la conclusión de que «no utilizamos todas nuestras capacidades mentales y físicas».

Otra hipótesis, si reconocemos que las hipótesis no son excluyentes y que posiblemente el mito se alimenta de todas ellas, pudo ser la de una mala interpretación de los trabajos realizados por Karl Lashley (1890-1958).

Lashley se centró en el estudio del aprendizaje y la memoria. La mayoría de sus estudios los realizó con ratas, pero en algunos llegó a utilizar primates. Enseñaba a los animales a realizar tareas concretas y, después, les infligía lesiones en el córtex. Esto le permitió darse cuenta de que dependiendo de dónde se aplicara la lesión las ratas podían reaprender tareas y en muchos casos no se apreciaban lesiones funcionales relevantes. Pero también se dio cuenta de que una lesión en un área pequeña muy concreta podía provocar múltiples daños. Estos hallazgos lo llevaron a la conclusión de que el cerebro es un órgano «holístico», por lo menos en cuanto a las funciones cognitivas superiores, relacionadas con el aprendizaje y la memoria. Lashley postuló que si ciertas partes del cerebro eran dañadas, otras podían adquirir su rol (equipotencialidad) y que el cerebro tiene la capacidad de reconfigurarse. Esta idea hace referencia a lo que hoy conocemos como plasticidad cerebral.

Quizás una mala interpretación de la información anticipada por Flourens, según la cual a pesar de existir lesiones cerebrales las afectaciones funcionales pueden

recuperarse, posteriormente ratificada por Lashley, puede haber dado lugar a pensar que no utilizamos el cien por cien de nuestro cerebro.

Otras aportaciones determinantes, si no en la aparición del neuromito, sí en su reafirmación y consolidación, son determinadas interpretaciones de los estudios neurocientíficos realizados a finales del siglo XIX y a principios del XX. Uno de ellos es que solo el 10 % de las neuronas están «encendidas» en un momento determinado; el otro, que solo se habían podido mapear un 10 % de las funciones cerebrales.

En cuanto a la primera aseveración, el término «encendidas» se refiere a los «potenciales de acción», es decir, al «impulso nervioso». El potencial de acción (considerado un fenómeno de todo o nada) es un proceso lento, sin embargo, si las condiciones a lo largo de su viaje son favorables, es un fenómeno exponencial. Es decir, a medida que avanza va cargándose más y más, permitiendo así que la información recorra largas distancias.

Hoy sabemos que existe otra forma de transmitir una señal: a través del *potencial electrotónico* o del *potencial de acción*. Este es menos eficaz si la información ha de viajar a larga distancia. Su peculiaridad es que se activa muy rápidamente, modificando la carga de toda la célula, pero a medida que avanza en su viaje se va disipando y esto hace que no conduzca la información muy lejos. Estos dos fenómenos permiten que el impulso eléctrico viaje a lo largo de la membrana celular, lo que provoca constantes cambios en la distribución de la carga eléctrica, y que se transmita información de unos tejidos a otros, con lo que se ponen en marcha procesos que posteriormente se traducirán en acciones. Si bien el cerebro trabaja de forma holística, es decir, activando diferentes regiones que se intercomunican entre sí a través de la red neural, lo que le permite realizar acciones conjuntas, es el hecho de que comparte información y en él cooperan diferentes funciones por lo que realiza operaciones más o menos complejas. No es menos cierto que nuestro cerebro es también el órgano más «ecológico» de nuestro organismo, es decir, estas activaciones pueden ser selectivas dependiendo del tipo de estímulos que procese, por lo que puede poner en marcha determinadas funciones al establecer cuáles no son necesarias para realizar las operaciones mentales pertinentes en ese momento. Lo que se traduce en que unas áreas del cerebro están activas (encendidas) y otras no.

Este funcionamiento del cerebro podría llevar a pensar que solo utilizamos un pequeña parte de nuestros recursos mentales.

Otra de las cuestiones que han podido alimentar el mito es que a finales del siglo XIX se descubrió que solo el 10 % de las células del sistema nervioso eran neuronas, mientras que el otro 90 % eran células gliales.

A finales del siglo XIX Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) establece la teoría de la «doctrina de la neurona», modelo aceptado hasta nuestros días y que sienta las bases de la neurofisiología moderna.

Antes de dicha teoría se pensaba que el sistema nervioso era una retícula, es decir, un tejido conectado. Esto se debía a que los microscopios de la época no permitían distinguir a las neuronas como entes discretos. Posteriormente, Golgi –contemporáneo

de Ramón y Cajal y con quien compartió el Premio Nobel en 1906— elaboró la «técnica del tintado», basada en una solución de nitrato de plata que le permitía tintar una célula de cada cien. De esta forma se lograba aislar la célula y sus protuberancias para su visualización. Ramón y Cajal modificó la técnica añadiendo sales de plata a la fórmula y utilizó células menos mielinizadas. Esto le permitió aislar y distinguir con mayor claridad las neuronas. Esta pequeña variante en la aplicación de la técnica respecto de Golgi supuso un gran avance, pues en su caso, al no poder identificar bien las protuberancias específicas de cada neurona, en la observación daba la impresión de ser un tejido continuo, conectado (reticular). Mientras que al aplicar la técnica en células menos mielinizadas, permitía también distinguir con claridad sus protuberancias y, por lo tanto, identificar que las neuronas eran entes discretos, es decir, se encontraban aisladas unas de otras y no conectadas entre sí. Son entidades genética y metabólicamente distintas con un cuerpo celular por neurona y expansiones denominadas axones y dendritas —«doctrina de la neurona»—.

Según Ramón y Cajal, las dendritas eran poco más que meros receptores de información y los axones eran los que la transportaban. Este hallazgo lo llevó a desarrollar la ley de la «polarización dinámica», en la que postuló que la información solo viaja en una única dirección desde las dendritas hacia los axones.

A medida que la ciencia ha avanzado, diferentes hallazgos han puesto en solfa algunas cuestiones planteadas por la «doctrina de la neurona». Una de estas cuestiones está relacionada con el hecho de que las *sinapsis eléctricas* son mucho más frecuentes y comunes de lo que se pensaba. Lo que podría indicar que existen ciertas regiones del cerebro donde se mantienen activos varios conjuntos de neuronas procesando información neural. Lo que debería hacernos reflexionar acerca de si las neuronas funcionan exclusivamente como unidades individuales.

Otra de las cuestiones más relevantes a la hora de alimentar el mito pudo estar relacionada con el hecho de pensar que las neuronas eran las únicas células del sistema nervioso capaces de transmitir información, y que las células gliales tenían una función poco más que de mero pegamento.

El tejido glial fue descrito por primera vez en 1859 por el patólogo Rudolf Virchow, que lo consideró como un mero tejido conectivo del sistema nervioso central, y no fue hasta 1891 que Ramón y Cajal las identificó como células independientes constituyentes del tejido del sistema nervioso, aunque siguiera considerándolas desde un punto de vista funcional como un mero sustento para las neuronas.

Los últimos hallazgos aportados por la neurociencia han permitido demostrar que las células gliales tienen un papel muy relevante en la transmisión de información interneuronal y son estrictamente necesarias para la supervivencia de las neuronas. Si tenemos en cuenta que la proporción de células gliales respecto a las neuronas es de cincuenta a uno aproximadamente, podemos hacernos una idea del papel tan relevante que desempeñan en la transmisión de la información.

Este desconocimiento respecto al papel funcional de las neuroglías pudo hacer pensar que solo aprovechamos una pequeña parte de nuestro cerebro.

Por otro lado, muchas de las referencias que se hacen al mito parecen basarse en un comentario de Albert Einstein. Puede que en una entrevista Einstein hiciera una broma sobre que él utilizaba el 90 % de su cerebro y este comentario se malinterpretara, en el sentido de que los demás no lo hacían. Sin embargo, no se ha encontrado en todos los documentos que se guardan de Einstein ni uno solo que haga referencia a algo parecido.

Las repercusiones del neuromito

Si solo utilizamos el 10 % de nuestro cerebro, ¿qué podríamos llegar a hacer si utilizásemos el 90 % restante? ¿Podemos estimular esa parte que no utilizamos? ¿Los genios utilizan más de ese 10 % y por eso son genios? ¿Si hacemos estimulación temprana podemos llegar a utilizar más de ese 10 %? ¿Escuchar a Mozart nos hará tan genios como lo fue él?

Estas y otras tantas preguntas se originan en la idea de que solo utilizamos un 10 % de nuestra capacidad cerebral. Por eso este neuromito ha sido muy bien acogido y divulgado por parapsicólogos y los movimientos de la *new age* como la cienciología, por ejemplo, o utilizado como argumento en publicidad y también en largometrajes cinematográficos. El neuromito permite abrir infinitas posibilidades evolutivas, permite la esperanza respecto a todo lo que podemos evolucionar y el tipo de seres humanos tan poderosos que podríamos llegar a ser (telequinesia, telepatía, etcétera) y, por otro lado, ofrece una posibilidad de explicación pseudocientífica a fenómenos que se consideran inexplicables.

La «utilización» del cerebro en la neurociencia

Tecnologías como la tomografía por emisión de positrones (PET) y la resonancia magnética funcional han aportado luz en cuanto a los niveles de activación cerebral y las regiones donde esa actividad se está produciendo. Estas tecnologías permiten monitorizar la actividad cerebral *in vivo*, es decir, en personas vivas. Así, han demostrado, por ejemplo, que solo cuando se ha sufrido una lesión cerebral y esta provoca daños graves se observan áreas del cerebro inactivas. También se ha demostrado que incluso cuando dormimos todas las partes de nuestro cerebro presentan algún nivel de actividad, lo cual sería imposible si solo utilizáramos el 10 % de nuestro cerebro.

En esta misma línea, los estudios realizados en sujetos con daño cerebral han demostrado que una lesión en cualquier área cerebral provoca una clara repercusión en una o varias funciones. Otra cuestión sería si estas funciones cerebrales son más o menos relevantes en la realización de operaciones de alto nivel. Pero lo que está claro es que es otro indicador en contra de que solo utilizamos el 10 % de nuestro cerebro.

Otra de las cuestiones en las que el mito podía apoyarse estaba asociada con que solo había sido «mapeado» un 10 % de nuestro cerebro. En la actualidad se ha podido mapear casi el cien por cien de nuestro cerebro. De esta forma, sabemos que hay diferentes regiones encargadas de los diferentes tipos de procesamiento de la información, pero lo relevante para nuestro «mito» es que no se ha encontrado ningún área que no cumpla algún tipo de función. Con técnicas como la *single-unit recording*, que permiten la grabación de unidades individuales, se ha podido demostrar que la mayoría de las células se encuentran activas la mayor parte del tiempo. Otras técnicas que implican estudiar la adopción de moléculas 2-desoxi-D-glucosa, que a su vez están etiquetadas radiactivamente en el cerebro, nos permitirían ver las células inactivas como una mancha blanca en una radiografía. La evidencia desmiente de forma irrefutable que esto no es así, ya que no aparecen dichas manchas blancas o zonas claras. Por otro lado, sería lógico pensar que si hubiera células en el cerebro que no se utilizan, estas se degenerarían, como ocurre en algunas enfermedades neurocognitivas como el alzhéimer.

El cerebro es un órgano complejo que es moldeado por la selección natural. Representa un porcentaje mínimo del peso total del cuerpo humano (en torno al 2 %), pero consume aproximadamente un 20 % de la energía disponible (Della Chiesa *et al.*, 2007). Actualmente, la neurociencia ha demostrado que en la realización de las tareas utilizamos el cien por cien de nuestro cerebro, lo que nos queda por delante es aprender con él.

Implicaciones educativas

Saber que utilizamos el cien por cien de nuestro cerebro debería abrir las puertas a la curiosidad. El cerebro ya no es esa caja negra conductista a la que no se podía acceder. El cerebro es un mundo apasionante en el que descubrimos nuevos caminos. Esta idea debe animarnos a explorar con los educandos todas las posibilidades y a convertirnos en investigadores de nuestras propias prácticas, basándonos en los estudios rigurosos sobre la estructura y el funcionamiento cerebral. Porque las posibilidades son infinitas.

Esta nueva realidad debe ayudarnos a encender la curiosidad y debe llevarnos a hacernos preguntas, relativas, por ejemplo, a la neurogénesis o a la flexibilidad neuronal, y a probar vías nuevas, maneras diferentes de enseñar y de aprender.

Pero, sobre todo, la gran implicación es que entendamos que el aprendizaje no tiene un límite delimitado por una utilización parcial de nuestro cerebro, sino, al contrario, las posibilidades se multiplican porque ponemos en marcha toda la maquinaria. Solo hay que activar los circuitos idóneos.

Imaginemos que un grupo de alumnos de cuarto de primaria, que se llaman a sí mismos «los exploradores», quiere hacer un viaje alrededor del mundo. Bien, lo primero que tienen que conocer es ¡el mundo! Y después decidir las rutas. ¿Cómo conozco el mundo? A alguien se le ocurre traer un globo terráqueo al aula. Bien, primera aproximación. Ya tenemos un mundo. Y a un explorador se le ocurre preguntar: «Y ¿cómo sabemos que el mundo es así?». A otra exploradora se le ocurre decir: «Pues porque es una bola del mundo hecha a escala, cualquiera puede hacerla». Y a alguien se le enciende una lucecita: «¿Entonces nosotros podemos hacer una maqueta de la Tierra? Y ¿por qué no lo hacemos?». Y ese grupo de exploradores construye una maqueta de la Tierra. En el camino han soñado con recorrer el mundo, han viajado por países, han trabajado la paz y los muros que construimos, han aprendido matemáticas, geometría, sociales, medios naturales, idiomas, geografía, lenguas... Y al final del curso han invitado a las familias a recorrer con ellos el mundo en el viaje más apasionante que han vivido.

Y sus cerebros han funcionado al cien por cien.

Bibliografía

OCDE (2007), *Understanding the brain: the birth of a learning science*, París, OCED.

9.

El sueño: una dulce necesidad cerebral, por *Jesús C. Guillén*

Neuromito: El sueño nos permite descansar, pero no conlleva ningún beneficio cognitivo porque cuando dormimos nuestro cerebro reduce drásticamente su rendimiento.

Pasamos una tercera parte de nuestra vida durmiendo y eso nos crea cierto desasosiego. ¿Cómo es posible que dediquemos tantas horas a una actividad pasiva, irrelevante en apariencia desde el punto de vista intelectual y que simplemente nos permite cierto descanso corporal? ¿No podríamos recuperarnos igual después de la actividad diurna durmiendo unas horas menos? Al fin y al cabo, así podríamos aprovechar la vigilia para estudiar más, trabajar más, aprender más o disfrutar más. ¿Quién no conoce a alguien que lleva una intensa vida laboral durmiendo poco o a algún estudiante que no duda en robarle horas al sueño para así poder estudiar más y mejorar sus resultados académicos? Y eso parece indicar que la verdadera actividad cerebral se da durante el día.

Sin embargo, desde la perspectiva educativa, el panorama es diferente. En el aula, los profesores estamos acostumbrados a percibir cansancio, pasividad y disgusto en muchos de nuestros alumnos, lo que, intuimos, pueden condicionar su rendimiento académico. Pero ¿cómo afecta realmente el sueño a los procesos de aprendizaje? ¿Es posible que usemos nuestro cerebro las 24 horas del día?

¿Qué pueden aportarnos los neurocientíficos?

Gracias al desarrollo de las modernas tecnologías que nos permiten analizar el cerebro humano vivo, las investigaciones en neurociencia han aportado información relevante al respecto: el sueño es una necesidad biológica provocada activamente por nuestro cerebro. Seguramente no es imprescindible para nuestro cuerpo, pero para nuestro cerebro sí.

Cuando dormimos, nuestra capacidad para responder a los estímulos externos se ve mermada, sin embargo, nuestro cerebro sigue estando activo. Mediante el análisis de los electroencefalogramas, hoy sabemos que durante el sueño la activación cerebral no es uniforme y que mientras dormimos se repiten ciclos con un periodo de entre 90 y 110 minutos que contienen cada uno de ellos dos fases diferenciadas: la fase no REM (NREM) y la fase REM (del inglés, *rapid eye movement*). La fase NREM se subdivide en cuatro estadios que contienen patrones de ondas cerebrales característicos y en ella se pasa de un sueño ligero a uno profundo; los dos últimos estadios corresponden a un sueño de ondas lentas o SWS (del inglés, *slow wave sleep*). Por otra parte, la fase REM recuerda al estado de vigilia debido a sus ondas de alta frecuencia, es la fase en la que soñamos y en ella se da un característico movimiento rápido ocular, de ahí su nombre. Esta fase REM, también conocida por lo comentado antes como fase de sueño paradójico, parece desempeñar un papel crucial en la consolidación de la memoria y en la integración de los contenidos nuevos en los ya conocidos. Refiriéndose a ello, el neurocientífico Manfred Spitzer (2013) hizo una analogía interesante del proceso: «Se vacía un buzón lleno de cartas (memoria temporal del hipocampo), las cartas clasificadas son depositadas en una carpeta (corteza cerebral) y, a continuación, se suceden el procesamiento y las respuestas a las cartas (fase REM del sueño)». No obstante, en la actualidad se cree que el sueño SWS adquiere un mayor protagonismo en el proceso.

Sueño y aprendizaje

Analicemos estudios importantes en los que se puso de manifiesto la importancia del sueño en el proceso de consolidación de la memoria y cómo su privación puede comprometer negativamente el aprendizaje y la toma de decisiones. En estos experimentos se mejoró lo que se conoce como memoria declarativa o explícita, la cual origina recuerdos conscientes sobre experiencias personales (memoria episódica) o sobre nuestro conocimiento general del mundo (memoria semántica), es a la que nos referimos normalmente cuando hablamos de memoria y adquiere un enorme protagonismo en el contexto escolar. No obstante, los estudios también demuestran que mediante el sueño se mejora la integración y consolidación de la memoria implícita o procedural, aquella que hace referencia a los recuerdos inconscientes, adopta la forma de hábitos y es la que utilizamos, por ejemplo, para aprender las reglas ortográficas o las operaciones aritméticas.

En un experimento (Gais *et al.*, 2006), adolescentes que dominaban el inglés, pero no el alemán, debían aprender una lista de palabras en este último idioma durante diez minutos. Un grupo lo hacía a las ocho de la mañana y otro a las ocho de la noche. Inmediatamente después del aprendizaje se examinaba cuántas palabras recordaban y volvía a repetirse el examen 24 o 36 horas después.

El análisis de los resultados demostró que el intervalo de recuperación de la información (24 o 36 horas) no era relevante, sin embargo, lo determinante era que los participantes que aprendieron por la noche y para los que su intervalo entre la tarea de aprendizaje y el sueño era menor (3 horas, mientras que para los otros era de 15 horas) retuvieron mucho mejor la información que el resto. Para determinar si el efecto beneficioso se debía al sueño que seguía al aprendizaje o a la hora a la que se realizaba la tarea, los investigadores volvieron a repetir el experimento de forma que los adolescentes aprendían la lista de palabras a las ocho de la noche. Los participantes fueron divididos en dos grupos, a uno se le permitía dormir con normalidad mientras que al otro se le privaba del sueño nocturno. Y como se preveía, cuando se examinó el recuerdo de las palabras 48 horas después del aprendizaje inicial, los participantes que habían dormido recordaron prácticamente las mismas palabras que en el aprendizaje inicial, mientras que los otros recordaron muchas menos.

En otro estudio (Stickgold *et al.*, 2000), se enseñó a los jóvenes participantes una tarea de discriminación visual en una pantalla. El entrenamiento consistía en una sesión que duraba entre una hora y una hora y media y se analizaba el aprendizaje de la tarea en otra sesión idéntica a la anterior que se realizaba entre 3 horas y 7 días después del entrenamiento. Los resultados mostraron una mejora gradual conforme iban pasando los días si el sueño era el adecuado, pero, cuando se impidió a los participantes dormir la segunda noche, el nivel de ejecución de la tarea bajó drásticamente. Los autores de la investigación explican que el aprendizaje empieza con una fase inicial en la que el participante está activo y muestra la atención necesaria durante la tarea y continúa con

un procesamiento de la información durante el sueño. Una sugerencia interesante que podemos aplicar en el aula: para facilitar el aprendizaje, el alumno ha de ser un protagonista activo.

Estos estudios confirman la importancia del sueño cuando se da después del aprendizaje, pero también se ha demostrado que es imprescindible cuando se da con anterioridad. El sueño reparador prepara al cerebro para el aprendizaje óptimo, mientras que su privación compromete la actividad normal del hipocampo y perjudica la consolidación de la información. Y esto es lo que se demostró en un estudio reciente (Mander *et al.*, 2011) en el que los jóvenes participantes debían aprender una tarea numérica en dos franjas horarias distintas, a las doce de la mañana y a las seis de la tarde. Aquellos a los que se les permitió dormir una siesta de 100 minutos entre las dos sesiones mejoraron sus resultados la segunda vez, mientras que la capacidad de aprendizaje de aquellos que estuvieron despiertos todo el día se vio muy mermada.

Mientras dormimos, nuestro cerebro revisa lo realizado durante el día, almacenando mejor la información que si la procesáramos en el momento de producirse. El sueño constituye un acto imprescindible para la buena salud cerebral porque actúa como una especie de regenerador neuronal, algo parecido a lo que ocurre cuando vamos al gimnasio y dañamos fibras musculares que luego se recuperan y se fortalecen con el debido aporte nutricional. Al dormir se acelera la síntesis proteica con el consecuente fortalecimiento de las conexiones neuronales y, en determinadas regiones cerebrales, se repite la actividad realizada durante la vigilia, lo que nos permite consolidar la memoria y con ello el aprendizaje. De hecho, varios neurotransmisores que intervienen en la regulación del sueño también lo hacen en los procesos de plasticidad neuronal.

La incidencia del sueño sobre la atención y la memoria es incuestionable. Hablar, escuchar, leer o escribir son tareas rutinarias en el aula que requieren de un sueño adecuado para su correcto desempeño porque si no, se compromete la capacidad de los alumnos para estar atentos. O en lo referente a la memoria, un estudiante puede pasar un montón de horas preparando el examen del día siguiente y en el momento de su realización olvidarlo todo porque la información no se almacenó en la memoria a largo plazo, es decir, durante el sueño no aprendemos información nueva, sino que se repasa la antigua y se consolida. Y sin llegar a un caso tan drástico, lo que es muy común es encontrar a alumnos que, debido a una deficiente consolidación de la memoria, retienen información de forma parcial que interfiere con otra ya almacenada, es decir, puede haber un solapamiento entre memorias en los mecanismos fisiológicos de registro que impida la correcta recuperación (Morgado, 2014). Y no olvidemos también que existe una ralentización de los mecanismos cerebrales durante la madrugada (entre las cuatro y las siete, según algunos autores; Mora, 2013) que perjudica la atención requerida por el estudio. Otra razón más para no comprometer el sueño pasando la noche en vela antes de los susodichos exámenes.

Sueño y creatividad

Hay investigaciones que demuestran que el sueño permite mejorar el pensamiento creativo. Algunas veces nos aparece de forma súbita e imprevista una idea ingeniosa (el famoso *¡eureka!* o *insight*) que no podemos justificar de forma consciente, pero que nos permite resolver ese problema o tarea que nos provocaba el indeseado bloqueo mental. Por ejemplo, el químico Friedrich August Kekulé manifestó haber descubierto la característica de la molécula de benceno después de haber soñado con una serpiente que se mordía la cola.

En un estudio (Wagner *et al.*, 2004) se planteó una serie de problemas matemáticos a un grupo de estudiantes universitarios y se les enseñó un método para resolverlos, sin embargo, no se les advirtió que existía una solución rápida e ingeniosa que podían descubrir durante el proceso de resolución. Doce horas después del entrenamiento inicial, en torno al 20 % de los estudiantes ya eran capaces de descubrir la solución rápida, pero si en ese periodo de tiempo se les permitía dormir ocho horas, la cifra se triplicaba y casi un 60 % del alumnado encontraba la solución creativa.

Esto no sugiere que podamos aprender nueva información de forma inconsciente, sino que el sueño puede facilitar la revisión y la resolución de problemas planteados con anterioridad y cuyos contenidos nos son familiares.

Los electroencefalogramas han permitido predecir la aparición del mencionado *insight* analizando las ondas cerebrales de tipo alfa, que, al estar asociadas a un estado de relajación cerebral, facilitan la aparición de muchas ideas de forma imprevista. No es casualidad que muchas soluciones creativas aparezcan realizándose actividades diferentes o después de un sueño reparador.

Desde la perspectiva educativa, los docentes hemos de explicar a nuestros alumnos la importancia de generar muchas ideas y diversas estrategias para fomentar la resolución creativa de esos problemas que nos ofrecen dificultades. Porque, aunque se abandone durante un tiempo el análisis del problema, existen unos mecanismos inconscientes que pueden ofrecernos esa respuesta nueva que buscábamos. Y es durante el sueño, debido a esa actividad cerebral que no cesa, cuando se puede encontrar.

Cronotipos y ritmos circadianos

Las necesidades de sueño son distintas para cada persona, se modifican según la edad y dependen de diversos factores.

Muchas de nuestras funciones corporales siguen patrones diarios marcados por los conocidos ritmos circadianos. Uno de esos ciclos importantes es el de sueño-vigilia, que nos hace, por regla general, estar despiertos de día y dormidos de noche. Sin embargo, se ha demostrado que cada uno de nosotros nos caracterizamos por tener un determinado cronotipo o reloj interno que nos diferencia. Algunas personas son más productivas en las primeras horas del día, son madrugadoras, se acuestan temprano y no tienen tanta necesidad de consumir café como el resto, por lo que en la literatura científica se las conoce como «alondras». Por otra parte, se utiliza el término «búho» para referirse a esas otras personas que muestran preferencia por horarios más tardíos, se acuestan tarde y que si dependiera de ellas, no madrugarían. Estos cronotipos constituyen extremos dentro de

la gran variabilidad existente, pueden modificarse a lo largo de la vida como consecuencia de la influencia de factores genéticos o ambientales y no existen evidencias de que uno u otro conlleve ventajas cognitivas o de salud. De hecho, en el artículo que utilizó por primera vez esta terminología (Gale y Martyn, 1998), se demostró que la máxima de Benjamin Franklin de «acostarse temprano y levantarse temprano hace a un hombre sano, rico y sabio» no era justificable. Sin embargo, estos cronotipos particulares pueden interferir con los horarios laborales o, en el caso que nos ocupa, con los escolares.

Sueño en la adolescencia

Mientras que la duración del sueño decrece en los primeros 10 años de vida, en los adolescentes existe una tendencia invertida, es decir, un desplazamiento hacia el cronotipo «búho», que es el responsable de que su activación cognitiva se vea retrasada por la mañana. Se cree que la causa por la que el cerebro adolescente requiere dormir más horas (como mínimo 9, según la mayoría de los estudios; Jenni *et al.*, 2005) se debe a que en esta franja de edad hormonas asociadas al sueño como la melatonina alcanzan niveles mayores y su liberación es más tardía. Se ha comprobado también que en el caso del cortisol, una hormona asociada a la vigilia porque presenta niveles máximos por la mañana, que van decayendo durante el día, no se produce un decrecimiento tan grande en los adolescentes en comparación con niños de menor edad (Willingham, 2012). Y cuando se analizan los encefalogramas, se comprueba que durante la adolescencia puede existir una reducción de hasta el 50 % del sueño profundo, el estadio 4 de la fase NREM (Giedd, 2009).

Y todo ello tiene repercusiones negativas, no solo conductualmente, sino también en lo referente al rendimiento académico. De hecho, en relación con la atención, un factor imprescindible para el aprendizaje, algunos autores han sugerido que la privación de sueño en los niños tiene efectos parecidos a los que manifiestan aquellos que tienen TDAH (trastorno de déficit de atención con hiperactividad). Y en un estudio reciente, un 20 % de los adolescentes reconocía tener problemas de memoria frecuentes como consecuencia de no dormir las horas suficientes (Kopasz *et al.*, 2010).

Para analizar cómo afecta el sueño al aprendizaje y al comportamiento de los adolescentes, realizamos una investigación con un grupo de 21 alumnos de primero de bachillerato con edades comprendidas entre los 16 y los 18 años.

Lo primero que comprobamos es que la gran mayoría de los adolescentes no duerme lo necesario, como mínimo esas 9 horas a las que hacen alusión los estudios científicos. En concreto, el 90 % de estos adolescentes duerme 8 horas o menos y el 43 % del total duerme 7 horas o menos (ver figura 5). Sin embargo, el 80 % de estos alumnos asume como importante dormir al menos 8 horas diarias (ver figura 6), lo que, a pesar de todo, es menos de lo que las investigaciones sugieren, lo cual indica una falta de información sobre las necesidades reales.

Es interesante resaltar que, al acostarse tarde (ver figura 7), la gran mayoría de estos alumnos encuentran inadecuado el horario escolar, que los obliga a comenzar las clases a

las 8 de la mañana y que algunos días continúa por la tarde, porque consideran que es más difícil concentrarse en las tareas escolares debido al cansancio acumulado (ver figura 8).

Figura 5. ¿Cuántas horas duermes normalmente cada día?

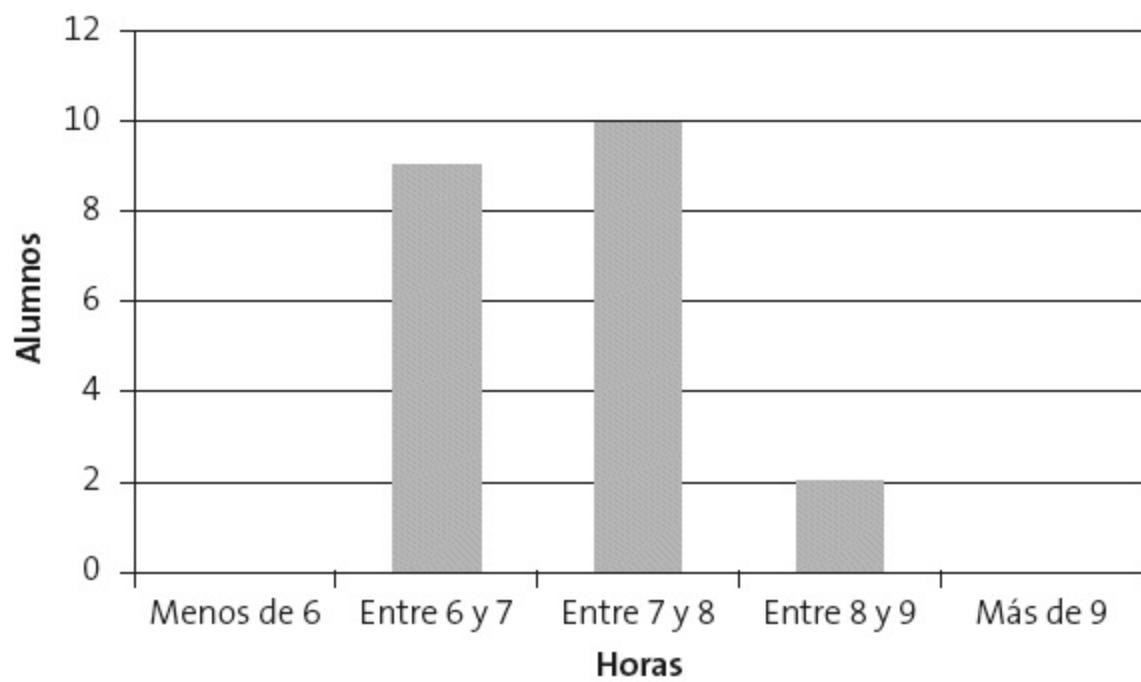


Figura 6. ¿Cuántas horas crees que deberías dormir cada día?

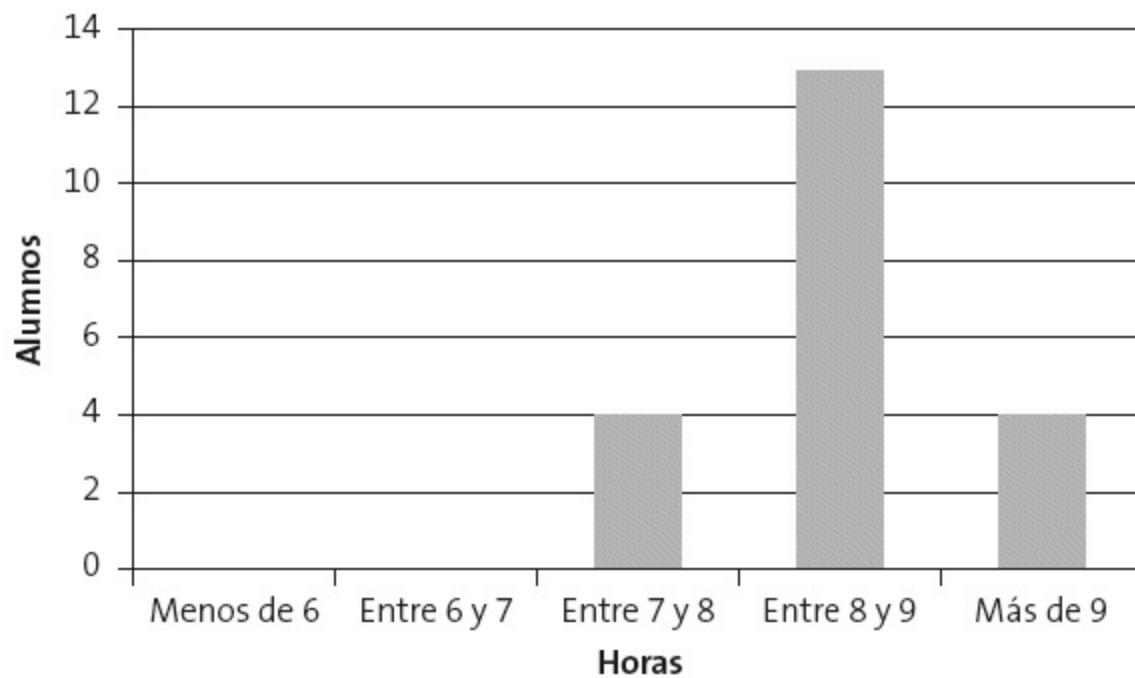


Figura 7. ¿A qué hora sueles acostarte?

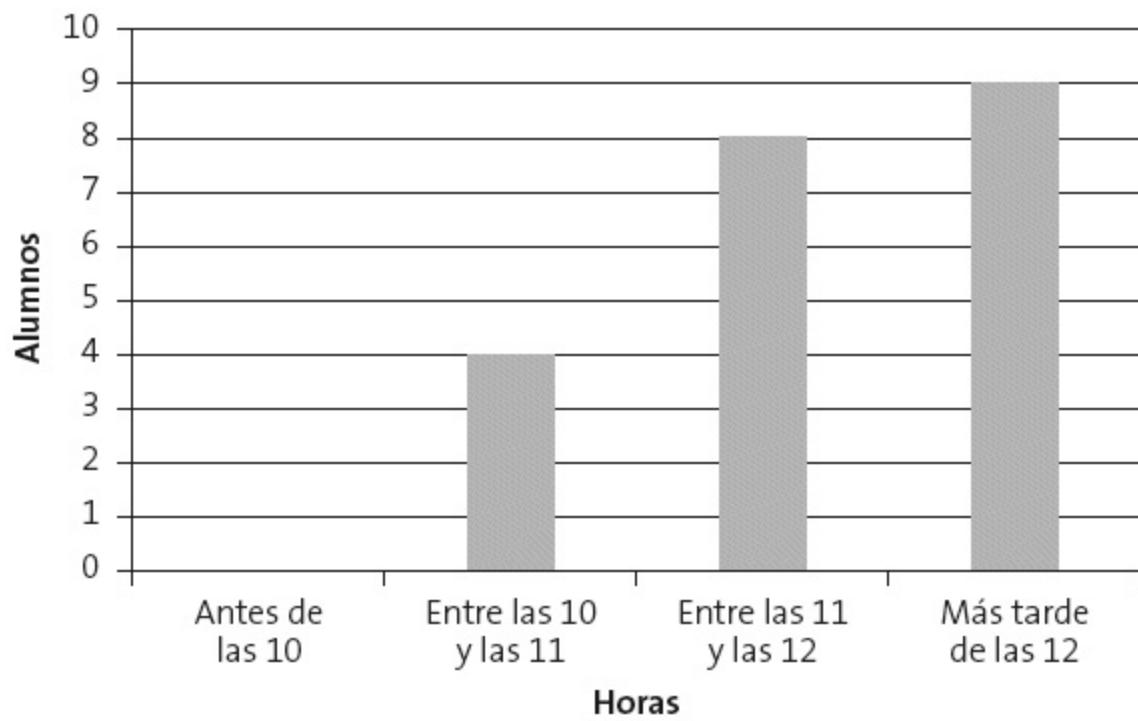
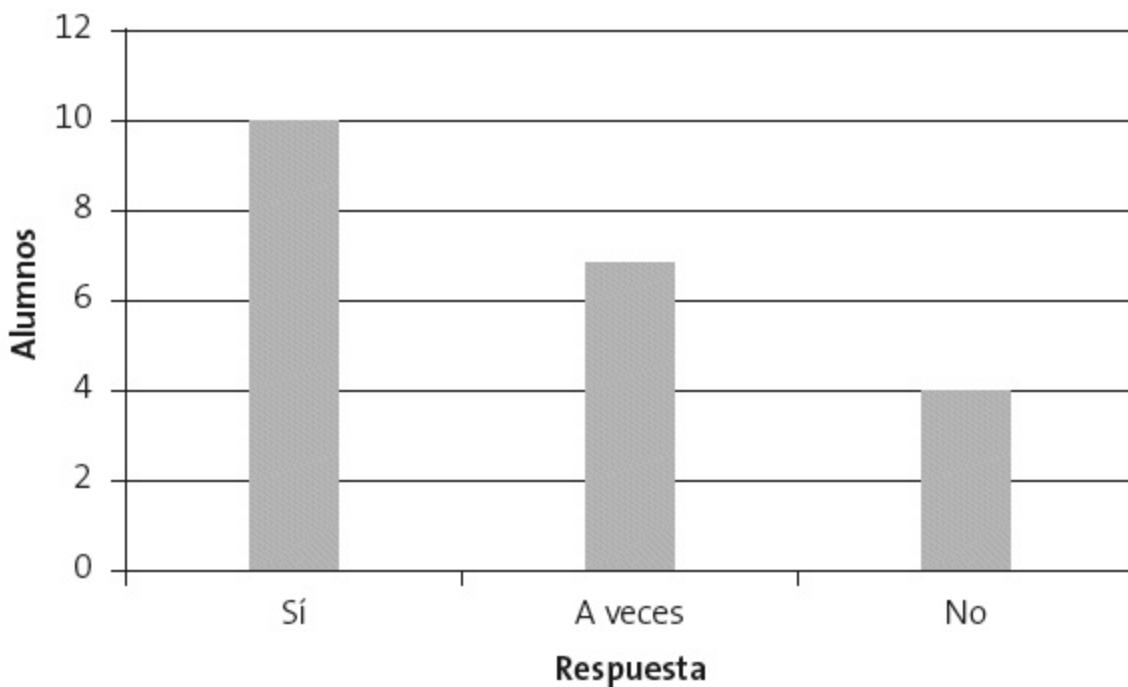


Figura 8. ¿Te sientes cansado cuando te levantas?



Como comentábamos anteriormente, el retraso en la secreción de melatonina modifica el ritmo circadiano del adolescente y, junto con la gran reducción del sueño profundo que muestran los encefalogramas, los patrones de sueño se ven afectados considerablemente en esta etapa importante de la vida. Resulta entonces que el ritmo de aprendizaje del adolescente está algo retrasado, por lo que, aunque debería acostarse antes, no puede. Si añadimos a esto los efectos estimulantes de las bebidas con cafeína o la confabulación de las nuevas tecnologías congregadas en la habitación, el alumno duerme poco y llega cansado a la escuela, con lo que le cuesta concentrarse, y así su proceso de aprendizaje se ve muy perjudicado. Es evidente que en las primeras horas de clase puede darse el aprendizaje, pero requiere de ese recurso limitado que es la voluntad y que en el caso del adolescente es más complicado utilizarlo dado el proceso de gran reestructuración y maduración cerebral al que está sometido. En especial, el lóbulo frontal, que es la sede de las llamadas funciones ejecutivas, aquellas que nos permiten planificar y tomar decisiones adecuadas.

Ante esta situación, la implicación educativa inmediata sería la de retrasar el inicio del horario escolar, aunque esta medida topa con las necesidades laborables de las familias e, incluso, con el horario de las actividades extraescolares de los propios alumnos. Sin embargo, los datos aportados por diferentes estudios longitudinales en varias escuelas estadounidenses avalan esta solución.

En un estudio (Wahlstrom, 2002) en el que intervinieron 7 escuelas de secundaria de Minneapolis (Minnesota) a partir de 1997 y en el que participaron 12.000 alumnos durante cuatro años, se quiso analizar cómo afectaba un cambio en el horario de entrada

de 7:15 a 8:40 de la mañana. Y aunque el 60 % de los profesores creía que el mejor horario de comienzo de las clases para el buen desempeño académico de los alumnos era las ocho de la mañana o antes, las mejoras en asistencia, tasa de matriculación o estado físico y anímico del alumnado fueron sustanciales.

En otro estudio (Edwards, 2012) en el que participaron 14 escuelas de secundaria del condado de Wake (Carolina del Norte) en el periodo comprendido entre los años 1999 y 2006, se analizó cómo afectaba la variación del horario de entrada. Y los resultados académicos en matemáticas y en comprensión lectora de los alumnos de las escuelas que retrasaron una hora el inicio de las clases mejoraron respecto a los obtenidos por escuelas que los habían adelantado.

Y finalmente, en un tercer estudio (Carrell *et al.*, 2011) entre los años 2004 y 2008 que analizó a más de 6.000 estudiantes militares jóvenes, se comprobó que retrasando solo 50 minutos el horario de instrucción se obtenían mejoras en los rendimientos académicos de los alumnos. Según los autores, el efecto es extrapolable a la adolescencia.

Implicaciones educativas

Hemos visto que las investigaciones en neurociencia parecen demostrar que el sueño es imprescindible para mantener nuestro cerebro en un estado óptimo debido a que favorece la neuroplasticidad necesaria para fortalecer y regenerar circuitos neuronales utilizados durante la vigilia. Y es este efecto reparador el que nos permite adquirir, consolidar e integrar las memorias; en definitiva, aprender. Por otra parte, es especialmente importante en algunas etapas críticas del proceso de maduración cerebral, como ocurre en la adolescencia. Sabemos que muchos adolescentes no duermen las horas necesarias y eso repercute negativamente conductual, emocional y cognitivamente, lo que merma su rendimiento académico. Todo esto conlleva importantes implicaciones educativas en el aula. Mencionemos algunas de ellas:

Más tarde es mejor

Lo ideal sería retrasar el horario escolar; comenzar las clases a las nueve sería mejor que hacerlo a las ocho. En el caso de que no sea posible, y para evitar los períodos fisiológicos de bajo rendimiento mental bastante coincidentes entre los alumnos, es adecuado retrasar la realización de los exámenes, pruebas de calificación u otro tipo de tareas complejas hasta avanzada la mañana o hasta media tarde. A las once mejor que a las ocho.

¡Luces y acción!

Sabemos que las aulas bien iluminadas tienen un efecto beneficioso sobre la atención y el aprendizaje de los alumnos, pero, además, constituyen una de las formas más eficaces para reducir los niveles de melatonina, la hormona que induce el sueño y los niveles de la cual presentan ciertos desajustes en los adolescentes (Sousa, 2011). Generar el entorno físico adecuado para el aprendizaje constituye una responsabilidad de los centros educativos.

Somos diferentes

A la hora de planificar las unidades didácticas, el profesor ha de asumir que su ritmo circadiano no coincide con el de sus alumnos. En determinadas horas del día (en el caso de los adolescentes el rango puede estar entre las 13 y las 16 horas) se debería variar la realización de tareas haciendo que sean más activas y participativas. No es lo mismo proponer una lectura individual de treinta minutos que plantear un debate entre compañeros después de leer cinco minutos.

Cada minuto cuenta

Se ha convertido en una práctica bastante habitual que los alumnos se duerman en clase. Los profesores no hemos de permitirlo porque si no, acaba convirtiéndose en un hábito inadecuado que puede resultar contagioso. Cada minuto de clase es importante en el

proceso de formación de los ciudadanos del futuro. Hagamos que los alumnos sean protagonistas de su proceso de aprendizaje con actividades participativas que fomenten el trabajo cooperativo y que sean motivadoras.

La educación siempre compartida

Los profesores hemos de compartir las investigaciones en neurociencia y psicología cognitiva sobre los efectos beneficiosos del sueño adecuado y las necesidades particulares de los adolescentes con los propios alumnos y con las familias. La adquisición de determinados hábitos, como apagar aparatos eléctricos con antelación, reducir la ingesta de bebidas con cafeína o seguir una rutina relajante antes de ir a dormir, también ayuda. Mostrando un estilo de vida activo y saludable, los adultos podemos favorecer un aprendizaje por imitación que es muy efectivo. Y no hay que obviar en ese sentido la responsabilidad familiar.

El aprendizaje siempre significativo

Debido al carácter asociativo de la memoria, los alumnos aprenden mejor cuando se tienen en cuenta sus conocimientos previos y se integran en otros que son útiles porque tienen una aplicación práctica en la vida real. Hoy sabemos que cuando las expectativas sobre la utilización de la memoria son positivas y el alumno cree que lo que aprende es relevante, se mejora el proceso de consolidación de la memoria (Wilhelm *et al.*, 2011). Eligiendo las estrategias pedagógicas adecuadas facilitaremos que el sueño potencie el aprendizaje.

Como hemos comprobado en el aula, explicar los mecanismos del sueño y su incidencia directa en la memoria y la atención, dos factores críticos en los procesos de aprendizaje, permite al alumno compartir información al respecto con el resto de los compañeros, desde cómo han cambiado sus patrones de sueño en los últimos años, cómo ha tenido que adaptarse a los horarios impuestos o cómo es consciente de que la privación de sueño origina cansancio y con ello peor rendimiento académico. Ello posibilita realizar investigaciones con los alumnos acerca de los efectos del sueño nocturno o el diurno (la siesta) sobre el aprendizaje variando los horarios y la duración de este. En eso consiste el aprendizaje significativo, en aprender de forma activa sobre cuestiones que tienen una aplicación práctica en la vida real. Y qué mejor que hacerlo con el sueño, el precio que paga nuestro cerebro por facilitar y fortalecer el aprendizaje.

Shakespeare lo tenía claro: «Sueño, dulce sueño, suave nodriza de la naturaleza, ¿qué espanto te he causado, no quieres ya cerrar mis párpados y empapar mis sentidos en el olvido?».

Sabia naturaleza y dulce necesidad.

Bibliografía

- CARRELL, S., *et al.* (2011), «A's from Zzzz's? The causal effect of school start time on the academic achievement of adolescents», *American Economic Journal: Economic Policy*, 3, pp. 62-81.
- EDWARDS, F. (2012), «Early to rise? The effect of daily start times on academic performance», *Economics of Education Review*, 31, (6), pp. 970-983.
- GAIS, S., *et al.* (2006), «Sleep after learning aids memory recall», *Learning and Memory*, 13 (3), pp. 259-262.
- GALE, G., y MARTYN, C. (1998), «Larks and owls, and health, wealth, and wisdom», *British Medical Journal*, 317, pp. 1.675-1.677.
- GIEDD, J. N. (2009), «Linking adolescent sleep, brain maturation, and behavior», *Journal of Adolescent Health*, 45, (4), pp. 319-320.
- JENNI, O. G., *et al.* (2005), «Normal human sleep at different ages: infants to adolescents», *SRS Basics of Sleep Guide*, pp. 11-19.
- KOPASZ, M., *et al.* (2010), «Sleep and memory in healthy children and adolescents: A critical review», *Sleep Medicine Reviews*, 14, pp. 167-177.
- MANDER, B. A., *et al.* (2011), «Wake deterioration and sleep restoration of human learning», *Current Biology*, 21 (5), pp. 183-184.
- MORA, F. (2013), *Neuroeducación: solo se puede aprender aquello que se ama*, Barcelona, Alianza.
- MORGADO, I. (2014), *Aprender, recordar y olvidar. Claves cerebrales de la memoria y la educación*, Barcelona, Ariel.
- SOUSA, D. A. (2011), *How the brain learns*, California, Corwin.
- SPITZER, M. (2013), *Demencia digital*, Barcelona, Ediciones B.
- STICKGOLD, R., *et al.* (2000), «Visual discrimination learning requires sleep after training», *Nature Neuroscience*, 3 (12), pp. 1.237-1.238.
- WAGNER, U., *et al.* (2004), «Sleep inspires insight», *Nature*, 427, pp. 352-355.
- WAHLSTROM, K. (2002), «Changing times: findings from the first longitudinal study of later high school start times», *NASSP Bulletin*, 86 (633), pp. 3-21.
- WILHELM, I., *et al.* (2011), «Sleep selectively enhances memory expected to be of future relevance», *The Journal of Neuroscience*, 31 (5), pp. 1.563-1.569.
- WILLINGHAM, D. (2012), «Are sleepy students learning?», *American Educator*, 36 (4), pp. 35-39.

10. | El efecto Mozart, por *Félix Pardo*

Neuromito: Escuchar la música de Mozart nos hace más inteligentes y mejora nuestro aprendizaje.

Es una evidencia que la música tiene efectos diversos sobre la mente y el cuerpo. De ahí que se utilice en diferentes situaciones y en una variedad de prácticas no musicales, desde la crianza de los bebés a la curación de los enfermos, pasando por la estimulación del aprendizaje y la creatividad de los alumnos. Prácticamente todas las músicas tienen en diferentes grados este poder. Pero entre todas las obras musicales se ha destacado la de Mozart por sus propiedades, que, según algunos expertos, entre los que no podemos olvidar mencionar al otorrinolaringólogo Alfred Tomatis, a la psicóloga Frances Rauscher y al músico y empresario Don G. Campbell, por sus ritmos, melodías y frecuencia altas, así como por la pureza y la simplicidad de sus sonidos, puede estimular como ninguna otra música nuestros sentidos y commover nuestro espíritu.

Por esta razón, desde que Tomatis introdujera el término de «efecto Mozart» en 1991, Rauscher lo investigara con relación al aprendizaje en 1993 y Campbell lo popularizara en 1997 y se apropiase de él como una marca comercial registrada, la música de Mozart se ha convertido en objeto de estudio por parte de las ciencias cognitivas.

Se conoce como «efecto Mozart» a la mejora transitoria de rendimiento en tareas espaciales en una serie de pruebas estandarizadas después de la audición del primer movimiento «Allegro con spirito» de la *Sonata para dos pianos en re mayor K.448* de Mozart.

El supuesto poder de la música clásica sobre algunas de las funciones ejecutivas de nuestro cerebro ha sido motivo de vehementes debates científicos, en algunos casos tergiversados por los medios de comunicación y por los intereses tanto políticos (en el diseño de los currículos) como económicos (en la oferta de recursos educativos).

¿Qué hay de cierto en el efecto Mozart? ¿Escuchar música de Mozart aumenta la inteligencia académica (especialmente las competencias en lengua y matemáticas)?

La influencia de la música en la mente humana

Para ilustrar el supuesto poder de la música sobre nuestro intelecto, en particular sobre las funciones ejecutivas que intervienen en el aprendizaje, y con ello el valor que se ha otorgado al denominado efecto Mozart, merece la pena recordar el siguiente testimonio que presenta Don G. Campbell en su libro *El efecto Mozart*, publicado en 1998, que encontramos al principio del capítulo 7, titulado «Intelecto sónico»:

Bobby era un chico hiperactivo de mi clase; no se podía estar quieto ni callado; se pasaba el tiempo gritando e intimidando a los demás niños. Cuando escribía una composición, se podía sentir la rabia y la tensión que llevaba dentro; la fuerza enrollada de su personalidad se imprimía en las palabras de la página. En su casa, su comportamiento era igual de desmadrado, y sus padres habían renunciado a controlarlo.

Al cabo de unos meses de acosarlo con imágenes de alimentos o de actividades que le gustaban, por fin conseguí que cerrara los ojos y entonara: «Ummm, ummm». Eso lo hizo durante varios minutos, y se produjo un cambio sorprendente: se le relajaron los hombros y le bajó el tono de la voz. Los demás profesores también observaron que cuando canturreaba, o cuando comenzaba el día canturreando unos minutos, se le aflojaba notablemente la tensión nerviosa. Cuando al año siguiente participó en actividades musicales cambió todo el ambiente de la escuela.

Después de todos sus años de supervisar a maestros que tienen que vérselas con niños como Bobby, el exdirector de una escuela de enseñanza básica de Washington DC me comentó: «El profesor de música de nuestra escuela ha tenido más éxito con *Una patata, dos patatas, tres patatas, cuatro ...* [canción infantil inglesa] que el que han tenido todos los psicólogos, psiquiatras y orientadores de niños en la estabilidad inducida por fármacos».

Y el efecto no solo se produce en el crecimiento emocional. En un estudio realizado en Texas, se comprobó que los alumnos que participan en una orquesta tienen puntuaciones más altas que el promedio en las pruebas de aptitud académica.

Desgraciadamente, debido a la falta de comprensión por parte del público de la importancia de la música para el desarrollo neurológico, se están reduciendo los fondos destinados a educadores de música y arte.

Ciertamente es una experiencia contrastada que la música ejerce una poderosa influencia en la mente humana, así como que puede contribuir a generar una percepción de bienestar. Como también lo es que la formación musical comporta un mayor rendimiento cognitivo, en la medida en que en el aprendizaje de un instrumento musical o de la voz humana es un aprendizaje complejo en su doble aspecto intelectual y emocional, que desarrolla diversas estrategias como la audición, la motricidad fina, la intuición o el razonamiento espaciotemporal. En verdad la música, y también el conjunto de las artes, son una necesidad para el ser humano y constituyen partes fundamentales de nuestra cultura, sin las cuales es difícil imaginar una formación integral de la persona y una eficaz maduración de nuestro sistema neurofuncional. En este sentido, Campbell se queja con razón de que la música se subestime en los planes de estudio y que esta materia quede relegada en las diferentes etapas educativas bajo la presión de una política educativa cada vez más materialista y utilitarista. Tal como sucede actualmente en nuestro país con la Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE), que se empezó a aplicar en el curso 2014-2015. Una ley que convierte la asignatura de Música y de Educación Artística en materia optativa a discreción de las comunidades

autónomas o de los centros de enseñanza, por lo que puede darse el caso de que no lleguen a ofertarse y de que un alumno termine su escolarización obligatoria sin haber estudiado ninguna de estas materias.

Ahora bien, de ahí a afirmar que la audición de una pieza de música clásica, y en particular de Mozart, puede hacer que el niño sea más inteligente al aumentar alguna de sus funciones ejecutivas (como el razonamiento espaciotemporal) y que por ello alcance un mayor dominio de las asignaturas consideradas competencias básicas (como la lengua y las matemáticas) hay una notable diferencia, tal como trataremos de aclarar a continuación.

Los efectos beneficiosos de la música: de Mozart a Tomatis

La música tiene el poder de armonizar las pasiones y dinamizar las acciones en la dirección de nuestra realización espiritual. Por ello no es casual que el relato explicativo de sus orígenes lo encontremos en el mito de Orfeo, un mito cuyo simbolismo musical escenifica el poder que tiene la música para el destino del alma y el sentido de nuestra existencia. Y entre todos los músicos, tal como afirma Eric Rohmer en su ensayo *De Mozart en Beethoven*, publicado en 1996, Mozart es el más profundo porque su música «es una música de esencias, entre las cuales se cuenta, por delante de todas, la esencia de la música». Tal como define su valoración el mismo Rohmer: «Sus invenciones no solo se presentan como los más refinados productos que pueda haber en materia de arte musical, sino como cosas en sí, anteriores a toda creación artística particular, formando parte de la *naturaleza* de la música. [...] Tal tema de Mozart, tal desarrollo, nos da la impresión de *no poder no estar ahí*, de existir por una existencia necesaria y no contingente». Así pues, si existe una música capaz de tener un efecto sobre nuestro cerebro, tanto por lo que respecta a las funciones vegetativas y de las emociones, como a las motoras, las sensitivas y las ejecutivas, esta no puede ser otra que la de Mozart.

No tiene nada de extraño, por lo tanto, que un médico otorrinolaringólogo e investigador francés, Alfred Tomatis (1920-2001), haya estudiado durante más de 40 años los posibles efectos beneficiosos que tienen las composiciones de Mozart sobre las personas que las escuchan y que al constatar tales efectos las haya utilizado para tratar diversas patologías, discapacidades o trastornos tanto en niños como en adultos. Para Tomatis el oído humano no solo comprende un proceso sensorial de nuestro sistema neurofuncional, sino también otros, entre los cuales está el cognitivo, por lo que a través de la escucha activa de ciertas composiciones de Mozart se puede operar un desarrollo cognitivo. De ahí que dedicase a este compositor el libro titulado *Pourquoi Mozart?*, publicado en 1991, donde se postula por primera vez el llamado efecto Mozart. En opinión de Tomatis, las principales evidencias de las cualidades terapéuticas de la música de Mozart son los efectos estéticos y psicológicos causados por sus ritmos, los efectos neurofisiológicos causados por las alturas de sus sonidos y el análisis espectral de sus tempos. Unos efectos que ponen al ser humano –parafraseando a Tomatis– al unísono con los ritmos fisiológicos y con la armonía universal de la naturaleza.

Tomatis ideó un aparato (el oído electrónico) que permitía amplificar la frecuencia sonora que un individuo había dejado de escuchar por una disfunción auditiva causada por diferentes factores (ambientes pobres de estímulos auditivos, estrés emocional y, sobre todo, traumas psicológicos). Las grabaciones de voces (como las de la madre, que tiene un alto poder de relajación tanto en el feto como en el bebé) o músicas con esos registros sonoros (como las de Mozart o el canto gregoriano, por ser sus ritmos y tempos semejantes a los fisiológicos humanos) que se hacían escuchar a los pacientes activaban las zonas cerebrales de la escucha y al cabo de un número determinado de sesiones el paciente recuperaba la capacidad de escuchar las frecuencias que habían quedado

inhibidas. Pero lo más sorprendente de esta terapia es el efecto psicológico que trae consigo la recuperación de la capacidad de escucha. Se observó que los pacientes mejoraban su estado anímico y servía como un eficaz ansiolítico para combatir algunas disfunciones conductuales, como la tartamudez, los tics, la timidez compulsiva, el déficit de atención y la hiperactividad y también algunas depresiones y psicosis. Incluso se ha constatado su eficacia para combatir el fracaso escolar, ya que mejora las competencias lingüísticas de los alumnos (comprensión verbal y lectora), con lo que se facilita el aprendizaje de las materias escolares, tal como se ha documentado en los países en cuyos sistemas educativos se ha aplicado, como es el caso de Estados Unidos y Polonia.

En relación con la música de Mozart, el método Tomatis consiste en utilizar diferentes tonalidades en las terapias que aplican a los pacientes, según la intensidad de las ondas hercianas que emitan, que van desde 125 hercios a 9.000 hercios. La tonalidad grave (125-700 hercios) se aplica para tratar problemas motores, de la verticalidad y corporales; la tonalidad media (1.000-3.000 hercios) se aplica para tratar problemas de comunicación, y la tonalidad aguda (3.000-9.000 hercios) se aplica para tratar problemas emocionales. La razón principal de por qué Mozart y no cualquier otro compositor es por la intensidad de las melodías, puesto que compuso con frecuencias muy altas, sobre todo con flautas y violines, algo fundamental para poder realizar terapias de escucha, que necesitan entre los 125 y los 9.000 hercios. Además, Mozart fue un compositor precoz y murió joven, a los 35 años, por lo que la mayoría de sus composiciones tienen un color alegre que embriaga el espíritu y transmite energía al cerebro (BBC Mundo, 2006).

Los descubrimientos de Tomatis sobre la relación existente entre el oído y la voz y, por extensión, entre la escucha y la comunicación, fueron probados científicamente en el laboratorio de fisiología de la Sorbona y dieron lugar a comunicados en la Academia de Ciencias y la Academia de Medicina de París en 1957 y 1960 respectivamente, tal como se informa en la web oficial Tomatis (www.tomatis.com). Estos comunicados recibieron el nombre de «Leyes Tomatis» y son las tres siguientes: 1) la voz reproduce solo lo que el oído oye; 2) si modificamos la audición, se modifica instantánea e inconscientemente la voz, y 3) es posible transformar duraderamente la fonación mediante una estimulación auditiva sostenida durante un cierto tiempo (ley de remanencia). En la actualidad existen 1.500 terapeutas en más de cincuenta países, principalmente en Estados Unidos, Europa y América Latina. Y gracias a la financiación de la Unión Europea, entre 2005 y 2010, 220 escuelas públicas y privadas fueron equipadas con aparatos para proporcionar el método Tomatis con el objetivo de disminuir el fracaso escolar.

Sin embargo, en relación con los cambios neurofisiológicos que produce el efecto Mozart postulado por Tomatis (en particular a las habilidades cognitivas, así como en lo referente a la científicidad del programa terapéutico del método Tomatis, denominado audiopsicofonología), cabe decir que hoy en día existen muchos detractores, tanto por parte de neurocientíficos como de psicólogos y psiquiatras, que prefieren hablar de un «efecto placebo». Si bien en un principio, como explicaremos más adelante, el efecto Mozart pareció confirmarse a raíz de una investigación en la que participaron la psicóloga Frances Rauscher y el neurobiólogo Gordon Shaw, que se hizo pública en

1993, en la que se llega a la conclusión de que la escucha de la *Sonata para dos pianos en re mayor K.448* de Mozart potencia el razonamiento espaciotemporal de forma transitoria, otros estudios posteriores no hallaron datos estadísticamente significativos. Y aunque todavía no podamos probar que existe un vínculo entre la escucha de música y la inteligencia, sí que podemos afirmar con los estudios ya realizados que la escucha de Mozart no produce un aumento del coeficiente de inteligencia, como lamentablemente algunas empresas han publicitado en los productos que han comercializado, como es el caso de la colección de 28 DVD *Baby Einstein* de Walt Disney, donde encontramos un *baby Mozart* que se anuncia con la siguiente explicación sin aclarar su temporización: «Mejora las habilidades de razonamiento abstracto de los niños y consolida la inteligencia espacial», o la colección de 12 CD *The Mozart Effect*, de Don G. Campbell, que se anuncia con el siguiente lema excesivamente generalizado: «Estudios científicos han demostrado que la música de Mozart tiene un poderoso efecto en el desarrollo intelectual y creativo de los niños». Por otra parte, no deja de sorprender que los productos que se comercializan bajo el supuesto efecto Mozart se basen en el estudio de Rauscher y Shaw ignorando no solo las objeciones e incluso las refutaciones de estudios posteriores, sino también obviando el hecho de que todavía no podemos explicar por qué la música influye de una forma tan poderosa sobre el cerebro. Se fomenta así un negocio que tiene un gran impacto en los medios educativos al margen de las ciencias cognitivas.

La consagración del efecto Mozart pareció llegar con la investigación realizada sobre dicho fenómeno por Frances H. Rauscher, Gordon L. Shaw y Katherine N. Ky del Center for the Neurobiology of Learning and Memory [Centro de Neurobiología del Aprendizaje y la Memoria] de la Universidad de California, en Irvine, y Eric L. Wright del Irvine Conservatory of Music, cuyos resultados se publicaron en un modesto artículo de la revista *Nature* en 1993, bajo el título «Music and spatial task performance». En este artículo se informa sobre la investigación realizada con tres grupos de estudiantes de secundaria entre 4 y 5 días. Durante 10 minutos, al grupo experimental (Mozart) se le hizo escuchar la *Sonata para dos pianos en re mayor K.448*, a un primer grupo de control (relajación) se le expuso a instrucciones de relajación y a sonidos mezclados, y a un segundo grupo de control (silencio) se le pidió que permaneciera en silencio. Posteriormente se pidió a los tres grupos que realizaran una serie de tareas, que incluían pruebas de razonamiento espacial, como el reconocimiento de patrones, según la escala de inteligencia de Stanford-Binet, de memoria y manualidades de plegar y recortar figuras impresas en un papel. Los tres grupos mejoraron sus puntuaciones del primer al segundo día. Pero el grupo de Mozart en un porcentaje superior, lo mismo que los días siguientes, mientras que en los otros dos grupos ya no hubo ninguna variación significativa, probablemente a causa de la curva de aprendizaje. Cuando finalmente se compararon los resultados de los tres grupos, se observó que los estudiantes del grupo experimental Mozart habían obtenido puntuaciones más altas en las diferentes pruebas, por lo que se concluyó la existencia de una relación causal entre la exposición a la música de Mozart y el aumento del razonamiento espaciotemporal.

Para explicar esta relación causal, los investigadores, tal como nos advierte Campbell (1998),

sugirieron que escuchar a Mozart «organiza» la actividad de las neuronas en la corteza cerebral, reforzando sobre todo los procesos creativos del hemisferio derecho relacionados con el razonamiento espaciotemporal. Escuchar música, concluyeron, actúa como «un ejercicio» para facilitar las operaciones de simetría relacionadas con la actividad cerebral superior. Dicho con palabras sencillas, puede mejorar la concentración, aumentar la capacidad de dar saltos intuitivos y, no menos importante, ¡ahorrar unos cuantos golpes en el golf!

La hipótesis del efecto Mozart quedaba probada, si bien dicho efecto duraba poco más de diez minutos. Estos resultados replicaron los ya obtenidos en dos investigaciones anteriores de las que se informa en una disertación presentada por los mismos autores en 1994 bajo el título «Music and spatial task performance: a causal relationship». La primera, con estudiantes universitarios, que probó que la audición de una sonata de Mozart facilita el razonamiento espacial a corto plazo. Y la segunda, con preescolares de 3 años, en clases de piano, en las que recibían una completa formación musical. Al cabo de seis meses, todos los niños podían interpretar melodías sencillas de Mozart y de Beethoven. Pero lo más sorprendente fue constatar un aumento de hasta un 36 % en la realización de tareas espaciales y temporales. Una mejoría que no se constató en los grupos de control que durante el mismo periodo recibieron clases de informática, de canto y en uno de los grupos ninguna instrucción. Y también llamó la atención que, a diferencia de las mejoras obtenidas por los estudiantes universitarios, cuya duración fue de entre los 10 y los 15 minutos, la mejora obtenida por los preescolares duró un mínimo de 24 horas. De este modo también se probó que la formación musical a esta edad produce mejoras a largo plazo de las habilidades cognitivas no verbales ya presentes en los bebés. Por lo demás, interesa destacar, del final de esta conferencia, las implicaciones educativas que señalan sus autores al entender que su investigación puede contribuir a revitalizar el papel de la música en los centros de enseñanza. La educación musical es fundamental para el desarrollo cognitivo de los niños, por lo que debe tener un lugar destacado en el currículo, sobre todo en las primeras etapas de la educación.

Lo que no llegaron a imaginar Rauscher y sus colegas es que sus conclusiones fueran simplificadas y malinterpretadas por los medios de comunicación, algunos políticos ávidos de votos y empresarios sin escrúpulos,⁷ que sin ninguna cautela amplificaron entre la opinión pública el efecto Mozart y llegaron a afirmar que escuchar la música de Mozart aumentaría sin más la inteligencia. El efecto Mozart se popularizó tanto que puso la *Sonata para dos pianos en re mayor K.448*, en particular su primer movimiento, en las listas de superventas. Y en Estados Unidos un gran número de escuelas públicas utilizaron las composiciones de Mozart como música de fondo, e informaban que obtenían mejoras en la atención y el rendimiento académico de sus alumnos. De hecho, la misma Rauscher ha manifestado en diversas ocasiones su malestar por el *marketing* político y comercial que ha envuelto su estudio. Ha reiterado que no existe ninguna evidencia de que la audición de la música de Mozart incremente el coeficiente de inteligencia y que cualquier música puede tener el mismo efecto sobre el cerebro

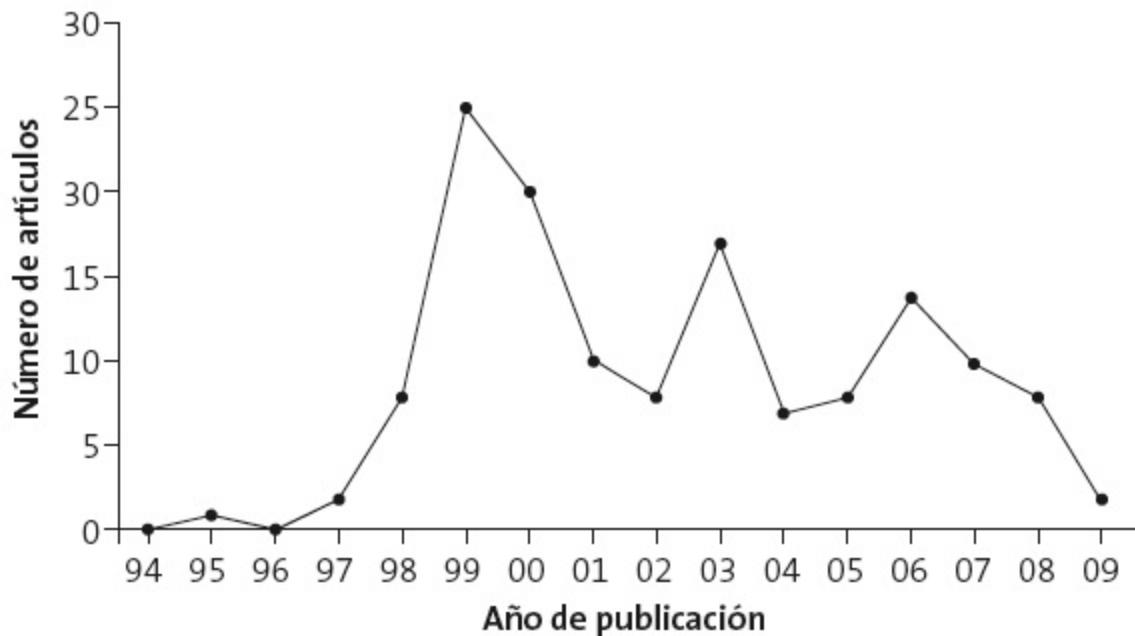
(Spiegel, 2010). La búsqueda de soluciones rápidas, la creencia en la automejora y la preocupación obsesiva de los padres y los docentes por los resultados académicos de sus hijos y alumnos pueden explicar, en opinión de Rauscher, el fuerte impacto en la educación que tuvo su modesto estudio (su publicación es de una sola página), sobre todo en la sociedad estadounidense. Por esta razón, los educadores deben estar atentos a estas tendencias y no dejarse influir por ellas.

Ciertamente, la precipitación y la falta de cautela en la demostración del efecto Mozart han dado origen a un nuevo neuromito. Sus conclusiones prácticas y sus aplicaciones didácticas han causado algunos daños al someter a los niños a unas estrategias de aprendizaje para las cuales su sistema neurofuncional todavía no está preparado. Por ejemplo, es el caso de los populares vídeos de Walt Disney *Baby Einstein*. Su visionado, de tan solo una hora al día en lactantes de 8 a 16 meses, según ha demostrado una investigación de la Universidad de Washington del año 2007 cuyo principal autor es F. Zimmerman, puede producir retrasos en la adquisición y la comprensión de vocabulario, en un promedio de seis a ocho palabras menos (Docsetools, 2006), así como problemas de déficit de atención y de calidad del sueño. Y lo mismo podemos decir de los programas de estimulación temprana que se han implantado en un gran número de parvularios, cuyas unidades de información o bits que se repiten una y otra vez resultan rutinarios y pesados, y si parece que les gusta a los bebés, bien podría ser porque todavía no tienen suficientemente desarrollado su sistema neurofuncional para procesar la complejidad de ciertas informaciones, como la música clásica, por lo que están como hipnotizados por el flujo de información, y pueden tener, si no se respeta el interés de los niños y no se tiene en cuenta la etapa de su desarrollo neuronal, los mismos efectos perjudiciales que los vídeos *Baby Einstein*.

Verificando el mito sobre el cerebro musical

Desde la publicación del citado artículo de Rauscher y sus colegas, se han realizado numerosos estudios con el objeto de contrastar sus resultados y poder verificar su hipótesis sobre la relación causal entre la exposición a la música de Mozart y el aumento del razonamiento espaciotemporal, lo que ha abierto un vehemente debate en la comunidad neurocientífica, en el que se suceden las conjeturas y las refutaciones. Asimismo, se han realizado otros estudios con el objeto de averiguar qué clase de efecto puede provocar la música de Mozart o la de otros compositores, sean de música clásica o de otros géneros, en nuestro cerebro, y si tal efecto existe, cómo modifica al cerebro y en qué regiones. A este respecto, es interesante observar en el gráfico siguiente (figura 9) el número de artículos escritos sobre el efecto Mozart en el periodo 1994-2009, que comprende los años de mayor producción.

Figura 9. Número de artículos sobre el efecto Mozart (periodo 1994- 2009)



Fuente: <http://cogpsy.info/intelligence/the-mozart-effect-revisited/>. Llama la atención que el mayor aumento en el número de publicaciones coincide con los años de mayor impacto del efecto Mozart en el comercio y en la política.

En relación con estas líneas de investigación, cabe decir aquí que el tema en torno al cerebro musical es uno de los que despierta más curiosidad entre el público, tal como evidencian los numerosos reportajes, entrevistas y documentales producidos los últimos años. Y no ha pasado desapercibido a los pedagogos, docentes y responsables políticos de los sistemas educativos de los países más desarrollados, salvo vergonzantes excepciones como en nuestro país, que en este tema está en las antípodas de lo que sucede en Estados Unidos o en Alemania.

De hecho, el estudio más extenso que hasta la fecha se ha llevado a cabo sobre el efecto Mozart ha sido por encargo del Ministerio Federal de Educación e Investigación de la República Federal de Alemania, que entre otras actividades financia proyectos e instituciones de investigación y establece las líneas generales de la política educativa. Hasta la redacción del informe, solicitado a un equipo interdisciplinario formado por nueve personas procedentes de los campos de la neurociencia, la psicología, la pedagogía y la filosofía, además de ser todos ellos músicos, y dirigido por el filósofo y pianista Ralph Schumacher, de la Universidad de Humboldt de Berlín, que se publicó en 2006, el equipo técnico del ministerio no tenía criterios para evaluar la idoneidad y la importancia de los numerosos estudios sobre la relación entre la música y la inteligencia que recibieron hasta esa fecha solicitando financiación. Además, tal como se dice en un *post* publicado en la web de la revista *Nature*, en el que se informaba de los motivos de este estudio (Abbott, 2007),

el efecto Mozart seguía siendo una herramienta de *marketing* para la industria de la música y algunas escuelas privadas, incluso mucho después de que un torrente de estudios adicionales comenzase a poner en duda el hallazgo. En el salvaje frenesí comercial, que a menudo implicaba el abuso en la interpretación de los datos disponibles, los temas de escuchar música y practicar activamente la música se confundieron con mucha frecuencia.

El informe en cuestión lleva por título *Macht Mozart schlau? Die Förderung kognitiver Kompetenzen durch Musik* (¿Te hace inteligente Mozart? La promoción de habilidades cognitivas a través de la música). Se propone aclarar, a la luz de la investigación neurocientífica actual, si la música puede producir una mejora en el rendimiento de las capacidades intelectuales, así como diferenciar con precisión los efectos de la escucha pasiva de música con respecto a los efectos de la actividad musical (tanto en lo que se refiere a la formación musical como a la práctica de un instrumento) en las habilidades cognitivas no musicales, el lenguaje, el pensamiento abstracto o la potencia de cálculo matemático. Su importancia es capital porque analiza toda la literatura científica sobre el efecto Mozart existente hasta entonces y su conclusión no deja lugar a dudas: tal efecto no existe. La mayoría de los estudios analizados no pudieron replicar los resultados de la investigación realizada por Rauscher y sus colegas o bien aquellos que encontraron correlaciones entre la audición de Mozart y el aumento de habilidades cognitivas afirman que el efecto es transitorio porque no dura más de 20 o 30 minutos. O, incluso, que no es específico de Mozart, porque cualquier otra experiencia que resulte agradable para el sujeto investigado también aumenta transitoriamente algunas habilidades cognitivas.

Tal como se puede leer en la primera de las conclusiones finales de este informe, si los sujetos tienen un mejor desempeño en algunas habilidades cognitivas al escuchar la música de Mozart es tan solo por el placer que les produce, lo que los lleva a un estado de activación cerebral y motivación superior. Pero esta mejoría es a corto plazo y afecta tan solo a algunas capacidades espaciovisuales. Por lo tanto, tiene que ver con el estado de excitación sensorial y con el humor del sujeto y no afecta a su inteligencia general ni al conjunto de sus capacidades cognitivas. Además, puede ser causado por cualquier clase de estímulos que sean del agrado del sujeto. En cambio, sí que se observan unos valores críticos entre los efectos cognitivos de escuchar música de forma pasiva y la realización de una actividad musical. Una diferencia que a menudo se ha pasado por alto en el debate sobre el efecto Mozart y que ha llevado a malentendidos y creencias erróneas.

En relación con esta última observación conviene subrayar que este informe se muestra menos vehemente por lo que respecta al efecto de la formación musical en el desarrollo de la inteligencia. Sobre todo en niños en edad preescolar. En la mayoría de los estudios analizados se observan efectos a corto plazo en el coeficiente de inteligencia de los niños que reciben una instrucción musical. Pero al menos en dos estudios con muestras grandes de participantes se observan efectos a largo plazo, pequeños pero significativos, en el CI. De todos modos, aunque estos resultados se confirmen en futuras investigaciones, no se puede deducir de ello que la formación musical pueda hacer aumentar hasta la genialidad la inteligencia de los niños.

Las mismas conclusiones encontramos en otro metaanálisis posterior realizado por los psicólogos Jakob Pietschnig, Martin Voracek y Anton K. Formann de la Facultad de Psicología de la Universidad de Viena, que se publicó en la revista *Intelligence*, a mediados de 2010, bajo el título «Mozart effect-Shmozart effect: A meta-analysis». Este estudio viene a completar el dirigido por Schumacher al analizar cerca de 40 investigaciones publicadas sobre el efecto Mozart, así como una diversidad de monografías académicas inéditas de Estados Unidos y de otros países, y que en su conjunto comprende cerca de tres mil participantes. Representa no solo una nueva síntesis actualizada de la totalidad de la literatura científica sobre el tema, sino también el estudio que alcanza a más sujetos investigados, por lo que es la investigación más comprehensiva realizada hasta el presente. Para sus autores tampoco hay lugar a dudas: no se han hallado mejoras significativas en las habilidades cognitivas de los sujetos expuestos a la música de Mozart, como tampoco se ha observado ninguna mejora en el coeficiente de inteligencia de esos mismos sujetos. Tal como se lee en las conclusiones,

hemos podido demostrar que el efecto total estimado es de magnitud pequeña ($d = 0,37$, 95 % CI [0,23, 0,52]) para las muestras expuestas a la sonata de Mozart K.448 y las muestras que habían sido expuestas a un estímulo no musical o ningún estímulo en el rendimiento de la precedente tarea espacial. Además, el cálculo de la magnitud del efecto para las muestras expuestas a cualquier otro estímulo musical y las muestras expuestas a un estímulo no musical o ningún estímulo produjo efectos similares ($d = 0,38$, 95 % CI [0,13, 0,63]), mientras que había un efecto insignificante entre las dos condiciones de música ($d = 0,15$; CI del 95 % [0,02, 0,28]).

Así pues, ante la falta de evidencias empíricas del efecto Mozart, y a la vista de unos resultados tan conclusivos, parece que podemos dar por cerrado el largo debate de la comunidad científica en torno a las supuestas mejoras del rendimiento cognitivo y del coeficiente de inteligencia por la mera escucha de algunas piezas de la música de Mozart. Podemos concluir, tal como consideran Pietschnig y sus colegas, que el efecto Mozart es una leyenda de la psicología popular o un neuromito. De hecho, las publicaciones más recientes en neurociencia así lo entienden, como puede verse en el libro *50 great myths of popular psychology* (Lilienfeld *et al.*) publicado en 2010, donde el efecto Mozart ocupa el sexto lugar.

Implicaciones educativas

Tal como han demostrado los dos metaanálisis aquí reseñados, la audición de la música de Mozart, como en general la de cualquier otro compositor de música clásica, no nos hace más inteligentes. Pero esta afirmación no debe llevarnos a considerar que la música no tiene una relación directa con la inteligencia, porque la música, como ha argumentado de forma plausible Howard Gardner (1983) con su teoría de las inteligencias múltiples, es una forma de inteligencia que puede ser educada y potenciada. Y como sucede con la competencia del lenguaje, si bien por distintas vías neurológicas, la competencia musical «se puede alcanzar en gran medida con la sola exploración y explotación del canal auditivo». Naturalmente no es lo mismo la exposición pasiva a una música que la instrucción activa que requiere la formación musical, sobre todo para la interpretación y la composición, tal como se subraya en los metaanálisis citados más arriba. Según Gardner, la inteligencia musical se manifiesta en edades muy tempranas (los lactantes de dos meses ya son capaces de seguir el tono de las canciones de sus madres y a los cuatro meses ya pueden seguir su ritmo), antes, por lo tanto, de haber recibido ninguna instrucción, pero para garantizar su desarrollo se requiere un ambiente familiar y escolar rico en estímulos emocionales y cognitivos. Cualquier niño que crezca en esta clase de ambientes, y que no tenga algún trastorno o patología que requiera una educación compensatoria, y que desde pequeño haya escuchado y tocado música con cierta frecuencia, puede desarrollar con normalidad las competencias de los componentes fundamentales de la música (tono o melodía, ritmo, timbre y armonía), así como participar en todo tipo de ejercicios e interpretaciones musicales, incluso la composición.

La educación musical en el currículo

Estas observaciones de Gardner deberían hacernos replantear el lugar que ocupa en el currículo la educación musical, sobre todo cuando en nuestro país ya se ha implantado la LOMCE, que puede hacer que la educación musical desaparezca de las aulas al convertir la asignatura de Música en una materia optativa. Si la música es un componente de nuestra inteligencia, como afirma Gardner, entonces tiene que ocupar un lugar relevante en el currículo escolar, porque no es menos importante que la lengua, las matemáticas o el razonamiento espacial para el desarrollo de la inteligencia de los alumnos. Además, como afirman todos los pedagogos en educación musical, la enseñanza de la música contribuye enormemente al desarrollo integral de la persona, sobre todo cuando se imparte desde edades tempranas, porque proporciona las experiencias sensoriales y motoras que servirán de sustento a futuros conocimientos, tal como ha documentado Piaget, estimula el desarrollo del sistema neurofuncional, en particular el sentido del oído, y enriquece la experiencia estética de los niños al sintetizar los sentidos, los sentimientos y el razonamiento.

Escuchar música y estudiar música

Tal vez la conclusión más importante que podemos extraer de los estudios que han refutado el efecto Mozart sea la distinción entre la escucha y la práctica de la música, ya que entre una y otra actividad se observan valores críticos por lo que se refiere a sus efectos cognitivos. De hecho, las investigaciones neurocientíficas más recientes en el tema del cerebro musical exploran esta vía. Una investigación reciente realizada por psicólogos experimentales canadienses de la Universidad de York de Toronto especializados en el aprendizaje, la memoria y el lenguaje en los niños, dirigida por el doctor Sylvain Moreno y publicada en el mes de mayo de 2011 en la prestigiosa revista *Psychological Science*, que ocupa el primer puesto en el *ranking* de las publicaciones en psicología empírica, bajo el título «Short-term music training enhances verbal intelligence and executive function» («Un breve periodo de entrenamiento musical mejora la inteligencia verbal y la función ejecutiva»), ha comprobado una mejora cognitiva en niños menores de 6 años que participaron en un programa interactivo de aprendizaje musical mediante vídeos musicales con personajes reales y personajes animados. Los procedimientos utilizados para medir estas mejoras fueron el test de inteligencia Weschler para preescolar y primaria (tercera edición), que realizaron antes y después de la formación musical, y la electroencefalografía (EEG), que permite obtener imágenes del cerebro de forma no invasiva para registrar la evolución temporal de la actividad cerebral. Los vídeos utilizados fueron los del programa Corchea, de Quaver Music,⁸ que sigue las normas de la MENC (Asociación Nacional para la Educación Musical) y las Normas Nacionales para la Educación Artística de Estados Unidos, e incorpora las aportaciones de algunos compositores y pedagogos musicales estadounidenses. La aplicación del programa Corchea fue dirigida por profesores del Conservatorio Real de Toronto.

Lo más sorprendente de esta investigación es que en el corto plazo en el que fueron entrenados los niños en el aprendizaje musical (dos sesiones de entrenamiento diarias de una hora de duración cada una, durante veinte días) se llegasen a obtener unos resultados tan evidentes y significativos, tanto por lo que respecta a la intensidad del efecto en las habilidades cognitivas de los niños, como por lo que respecta al elevado porcentaje de participantes en el que se registró tal efecto, que fue del 90 %. Estos resultados, a juicio de los investigadores implicados, se pueden extraer a niños y adolescentes de todas las edades y también a adultos y ancianos.

La investigación se realizó con 48 alumnos de 4 a 6 años de edad, divididos en dos grupos. El grupo control recibió un entrenamiento artístico basado en el desarrollo de las habilidades visuales y espaciales relacionadas con la forma, el color, la línea, la dimensión y la perspectiva. El grupo experimental recibió un entrenamiento musical basado en el desarrollo de habilidades auditivas, motoras y cognitivas relacionadas con el ritmo, el tono, la melodía, la voz y los conceptos básicos de la teoría musical. Tras la finalización de los respectivos programas de entrenamiento, los niños fueron evaluados habiendo transcurrido entre 5 y 20 días desde la finalización del experimento. En el grupo control no se observaron cambios significativos en su inteligencia ni en su actividad cerebral. Pero en el grupo experimental sí que se observaron cambios

cerebrales funcionales y mejoras en la inteligencia verbal, en una proporción de 5 a 1 con el grupo control, en relación con la atención (mayor precisión y tiempo de reacción), la memoria (conocimiento de vocabulario) y la capacidad de analizar la información, razonar y resolver problemas en relación con la competencia lingüística de los alumnos, cuando estas capacidades se encuentran en áreas cerebrales distintas a las del lenguaje musical; un hecho, a juicio de los investigadores, de gran trascendencia para el desarrollo cerebral y la educación. Estos resultados llevan a concluir que la música es un fuerte potenciador del desarrollo cerebral del niño y no solo como un instrumento cognitivo más, sino como un entrenamiento cognitivo en sí mismo.

Mejora de resultados en lectoescritura y matemáticas

También en Canadá se realizó una investigación anterior por otros psicólogos experimentales de la Universidad de McMaster de Hamilton, dirigidos por Laurel Trainor, publicada en el mes de agosto de 2006 en la revista *Brain. A Journal of Neurology* bajo el título «One year of musical training affects development of auditory cortical-evoked fields in young children» («Un año de entrenamiento musical afecta al desarrollo de zonas de respuesta evocada cortical auditivas en los niños pequeños») que ha comprobado el efecto del aprendizaje musical en la maduración acelerada del córtex cerebral en los niños de entre 4 y 6 años, así como en la mejora de la memoria y la atención, por lo que facilita el aprendizaje de la lectoescritura y de las matemáticas. También se ha comprobado que mejora la orientación espacial e, incluso, el coeficiente intelectual. Durante un año, al grupo control se le enseñó teatro, mientras que al grupo experimental se le enseñó música mediante el método Suzuki, y se observó solo en este último grupo cambios significativos mediante la técnica de la magnetoencefalografía (MEG). Los resultados de esta investigación ponen de manifiesto la conveniencia de la formación musical de los más pequeños para desarrollar sus capacidades cognitivas.

Música y actividad motora

Por otra parte, la confirmación experimental de la relación entre zonas del cerebro que controlan la audición y los movimientos corporales ha justificado establecer la hipótesis de que la música activa las partes del cerebro que rigen la actividad motora del cuerpo, lo que ha permitido nuevas investigaciones aplicadas a la medicina, como la realizada por el grupo de investigación en Cognición y Plasticidad Cerebral del Instituto de Investigación Biomédica de Bellvitge (IDIBELL) y de la Universidad de Barcelona, coordinado por Antoni Rodríguez Fornells, sobre el efecto terapéutico de la música en la recuperación de la movilidad de personas que han sufrido un ictus. Estos investigadores estudian cómo se reorganiza el sistema sensorial y motor del cerebro cuando se aprende a tocar un instrumento y si esta reorganización puede ser efectiva como terapia de rehabilitación para recuperar la movilidad de las extremidades superiores (manos y brazos) en pacientes que han tenido un accidente vascular cerebral.

Tal vez no podamos decir que Mozart fuese «un virtuoso del sistema neurovegetativo y un especialista en neurología funcional» en el sentido que afirmó Tomatis en su libro

Pourquoi Mozart?, pero a la luz de estas recientes investigaciones y de otras que han demostrado que la escucha de Mozart y otros compositores modulan estados de alerta y reposo e inducen estados emotivos, observándose cambios metabólicos en el cerebro, como el aumento de calcio y dopamina, como, por ejemplo, los estudios de los neurocientíficos Robert Zatorre y Daniel Levitin, de la Universidad McGill de Montreal, nos obligan a ser prudentes a la hora de juzgar el efecto Mozart. No hay que olvidar en este asunto que el poder de la música radica justamente en la capacidad de transformar las ideas musicales y sus interpretaciones en un conglomerado de pensamientos, emociones y sensaciones que modifican profundamente nuestro cerebro. Y la música de Mozart es posiblemente la que mejor revela ese poder.

Bibliografía

- ABBOTT, A. (2007), «Mozart doesn't make you clever», *Nature News*.
- BBC MUNDO (2006), «Mozart, terapéutico». [<http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/specials/newsid_4610000/4610896.stm>](http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/specials/newsid_4610000/4610896.stm).
- CAMPBELL, DON G. (1998), *El efecto Mozart: Experimenta el poder transformador de la música*, Barcelona, Urano.
- COLABORADORES DE WIKIPEDIA (2015), «Mozart Effect», *Wikipedia* [<http://en.wikipedia.org/wiki/Mozart_effect>](http://en.wikipedia.org/wiki/Mozart_effect).
- DALLA, S., *et al.* (1999), «The Mozart-effect revisited», en Annual Meeting of the Cognitive Neuroscience Society.
- DOCSETOOLS (2006), «Baby Einstein», *Revista Digital Webidea*. [<http://docsetools.com/revista-digital-webidea/articulo-revista-20661.html>](http://docsetools.com/revista-digital-webidea/articulo-revista-20661.html).
- GARDNER, H. (1983), *Estructuras de la mente. La teoría de las inteligencias múltiples*, Colombia, FCE.
- LILIENFELD, S. O., LYNN, S. J., RUSCIO, J., y BEYERSTEIN, B. L. (2010), *50 great myths of popular psychology: shattering widespread misconceptions about human behavior*, Nueva Jersey, Wiley-Blackwell.
- MORENO, S., *et al.* (2011), «Short-term music training enhances verbal intelligence and executive function», *Psychological Science*, 22, pp. 1.425-1.433.
- NÚÑEZ, F. (2007), «¿Por qué Mozart?». [<http://www.terapiatomatis.com/Articles/Por%20que%20Mozart.pdf>](http://www.terapiatomatis.com/Articles/Por%20que%20Mozart.pdf).
- PIETSCHNIG, J., VORACEK, M., y FORMANN, A. K. (2010), «Mozart effect-Shmozart effect: A meta-analysis», *Intelligence*, 38 (3), pp. 314-323.
- RAUSCHER, F. H., SHAW, G. L., y KY, K. N. (1993), «Music and spatial task performance», *Nature*, 365, p. 611.
- (1994), «Music and spatial task performance: a causal relationship», Ponencia presentada en el 102º Encuentro Anual de la Asociación Norteamericana de Psicología.
- ROHMER, E. (1996), *De Mozart en Beethoven. Ensayo sobre la noción de profundidad en la música*, Madrid, Ediciones Árdora.
- SCHUMACHER, R., *et al.* (2006), «Macht Mozart schlau? Die Förderung kognitiver Kompetenzen durch Musik», Ministerio Federal de Educación e Investigación, Bonn, Berlín.
- SPIEGEL, A. (2010), «Mozart effect was just what we wanted to hear», *Morning Edition*.
- TOMATIS, A. (1991), «Pourquoi Mozart?», París, Fixot.
- TRAINOR, L., *et al.* (2006), «One year of musical training affects development of auditory cortical-evoked fields in young children», *Brain. A Journal of Neurology*, 129 (10), pp. 2.593-2.608. [<http://brain.oxfordjournals.org/content/129/10/2593>](http://brain.oxfordjournals.org/content/129/10/2593).

La gimnasia cerebral, por *Jesús C. Guillén*

Neuromito: La práctica de movimientos corporales simples que promueve la gimnasia cerebral mejora la integración de las funciones cerebrales del hemisferio izquierdo y del derecho y, con ello, el aprendizaje.

En miles de escuelas de todo el mundo encontramos niños realizando un conjunto de ejercicios peculiares con los que mueven la cabeza de arriba abajo, giran el cuello, flexionan el pie, masajean zonas específicas del cuerpo, dibujan ochos en el aire, bostezan de forma específica o beben agua a sorbos. Según los creadores de estos movimientos, que constituyen el Brain Gym o gimnasia cerebral, se adquieren toda una serie de habilidades básicas que mejoran el funcionamiento cerebral y que facilitan el aprendizaje. De esta forma, por ejemplo, entrenarnos para cruzar los brazos y las piernas en forma de gancho nos permitirá contrarrestar los efectos negativos de los campos electromagnéticos y mejorará así nuestra autoestima, o realizar de forma repetitiva una determinada flexión de un pie estando sentados ayudará a los niños con dificultades en el lenguaje.

Pero ¿es posible que la práctica continua de estos movimientos específicos mejore el aprendizaje? ¿Existen evidencias empíricas que confirmen la utilización masiva de estas prácticas?

Brain Gym

Brain Gym es un programa desarrollado por Paul y Gail Dennison comercializado en más de ochenta países que consiste en una serie de movimientos que incluyen actividades como gatear, dibujar, bostezar o beber agua, que supuestamente activan y equilibran los dos hemisferios cerebrales a través de las cortezas motora y sensorial, y facilitan así el aprendizaje.

El programa parte de la premisa de que los problemas de aprendizaje se deben a una coordinación deficiente entre diferentes partes del cuerpo y del cerebro. Para evitar este bloqueo, se sugieren una serie de movimientos simples (26 actividades supuestamente basadas en investigaciones neurológicas) que mejorarán la integración de las funciones cerebrales reestableciendo su funcionamiento óptimo. De esta forma, cualquier alumno podrá beneficiarse de la realización de estos ejercicios porque repercutirán positivamente en diferentes competencias académicas que comprenden la lectura, la ortografía o las matemáticas.

Los fundamentos teóricos de Brain Gym se basan en tres dimensiones asociadas al equilibrio, la locomoción y la coordinación sensoriomotriz, a las cuales se vinculan las cuatro categorías de movimiento que utiliza el programa: ejercicios energéticos, actividades de actitudes de profundización, actividades de estiramiento muscular y movimientos de la línea media. Estas tres dimensiones son descritas de la siguiente forma (Paul Dennison y Gail Dennison, 2012):

- **Lateralidad:** es la capacidad de coordinar los dos hemisferios cerebrales, algo que es fundamental al leer, escribir, escuchar, hablar o para moverse y pensar al mismo tiempo. Esta comunicación y procesamiento de la coordinación sensoriomotriz la desarrollan los llamados movimientos de la línea media como, por ejemplo, el *Gateo cruzado*, en el que hay que tocarse la rodilla izquierda con el codo derecho y viceversa, porque mejora la comunicación entre ambos hemisferios cerebrales y es útil para la ortografía, la lectura o la escucha atenta.
- **Centrado:** es la capacidad de coordinar las regiones superiores e inferiores del cerebro asociadas a la organización y la estabilización del equilibrio. Los ejercicios de energía como el *Bostezo energético* nos preparan para planificar, organizar y gestionar, mientras que las actitudes de profundización como la actividad de los *Ganchos*, en la que se cruzan los tobillos, se extienden los brazos hacia delante cruzando las muñecas y se acercan las manos al pecho, nos servirían para relajarnos.
- **Foco:** es la capacidad de coordinar la información entre las regiones frontales y las regiones posteriores del cerebro que nos permite liberar tensiones acumuladas y nos prepara para la anticipación, la comprensión y el mantenimiento de la atención. Las actividades de estiramiento desarrollan estas capacidades de enfoque de la locomoción como, por ejemplo, el ejercicio del *Búho*, en el que se coloca una mano

sobre el hombro del lado contrario apretándolo, se gira la cabeza hacia ese lado, se respira profundamente y se exhala girando la cabeza hacia el lado contrario.

Estas tres dimensiones principales en las que se basa Brain Gym incorporan diferentes teorías como la de la remodelación de patrones neurológicos de Doman-Delacato, la de la dominancia cerebral y la del entrenamiento perceptivomotriz. Y aunque estas teorías comparten ciertos supuestos, nos sirven para analizar la validez del programa de actividades propuesto por Brain Gym. Las presentamos a continuación.

Teoría de Doman-Delacato

Muchos de los ejercicios de Brain Gym se basan en la teoría del desarrollo de Doman-Delacato, cuyos creadores desarrollaron un modelo terapéutico para el tratamiento de niños con lesiones cerebrales que presentaban déficits neuromotrices y que luego aplicaron también a otros trastornos del aprendizaje o del desarrollo, como el autismo.

La teoría se basa en la idea de que la ontogenia recapitula la filogenia (teoría de la recapitulación según la cual el desarrollo temprano del individuo refleja exactamente el desarrollo de la especie) y en la creencia de que determinados movimientos pueden afectar al desarrollo y la estructura del cerebro. De este modo, los niños necesitan adquirir habilidades motoras concretas durante fases específicas del crecimiento para conseguir un desarrollo neurológico e intelectual eficiente: los niños voltean, se arrastran, gatean y al final caminan, en consonancia con los movimientos que caracterizan a los anfibios, los reptiles o los mamíferos hasta el desarrollo evolutivo del ser humano. En el caso de saltarse algunas de estas fases, como aprender a andar antes de arrastrarse, el desarrollo neurológico se obstaculiza y se compromete el aprendizaje.

El modelo desarrollado por Doman y Delacato consiste en la ejecución de unos ejercicios sistemáticos e intensivos que deben realizarse durante el día con la ayuda de varios adultos y que se basan en movimientos específicos de la cabeza y de las extremidades del niño con el objetivo de imponer toda una serie de patrones en el sistema nervioso central. Los ejercicios del programa se combinan con estimulación sensorial para promover una integración sensorial y motora en las células cerebrales dañadas y con técnicas de respiración para incrementar el flujo de oxígeno que llega al cerebro. Los autores proclaman que este tipo de intervenciones garantiza la reorganización de un conjunto de patrones neurológicos que permiten mejorar habilidades motoras y competencias sociales e intelectuales en todos los niños, no solo en aquellos que padecen retraso mental o lesiones cerebrales.

La relación con los ejercicios propuestos por Brain Gym es evidente. Los movimientos de la línea media se proponen para que, realizando actividades motoras gruesas, se puedan ir adquiriendo toda una serie de patrones que permitan mejorar habilidades sensoriales y motoras finas requeridas al mirar, escuchar o utilizar ambas manos. Y los propios autores alaban su utilización en situaciones especiales en las que se han eludido las etapas de desarrollo motor temprano y tras enfermedades o lesiones.

Sin embargo, los estudios actuales no avalan los supuestos que plantea el modelo de Doman-Delacato. La biología actual rechaza la teoría de la recapitulación básicamente porque, mientras la selección natural deriva de mutaciones genéticas aleatorias, la ontogenia sigue un orden marcado por relojes biológicos que determinan la expresión genética junto con la influencia del entorno desde el desarrollo embrionario. Por otra parte, no hay evidencias empíricas que confirmen la creencia de que esos patrones neurológicos a los que hace referencia la teoría pueden ser impresos en un cerebro en

desarrollo que, en consonancia con lo que comentábamos anteriormente, está influido por factores genéticos.

Aunque las dificultades metodológicas que conlleva el modelo de Doman-Delacato hagan complicado ponerlo a prueba, existen varias investigaciones que han demostrado su ineeficacia utilizando sus enfoques prácticos.

En un estudio realizado por Sparrow y Zigler (1978) se analizó la evolución de tres grupos de 15 niños con discapacidades mentales severas durante un año: el primero recibió la terapia utilizada por el método de Doman-Delacato con los movimientos propuestos de cuello y extremidades, el segundo fue tratado con técnicas motivacionales y el tercero recibió los cuidados normales. Utilizando una gran variedad de pruebas conductuales, los análisis de los investigadores no encontraron ninguna diferencia significativa entre los tres grupos.

Otro estudio dirigido por MacKay que hizo el seguimiento de 36 niños en Irlanda del Norte a los que se les aplicaba la terapia de Doman-Delacato demostró, en algunos de ellos, modestas mejoras en las habilidades motoras o visuoespaciales, pero ningún niño mejoró sus capacidades intelectuales (MacKay *et al.*, 1986).

No se puede negar que para el niño con lesión cerebral la estimulación y la atención personalizada resultan útiles, algo que está en total consonancia con la necesidad que tiene el ser humano de la interacción social adecuada para su desarrollo. Pero no existen evidencias empíricas que confirmen la validez del método de Doman-Delacato, ni en sus fundamentos teóricos, ni en las etapas concretas del desarrollo motor, ni en los procesos de reorganización neuronal que propone a través de sus movimientos específicos. La Academia Norteamericana de Pediatría, a través de varios comunicados (1968, 1982, 1999), ha alertado sobre la incompatibilidad de las propuestas del método de Doman-Delacato con los estudios y los conocimientos actuales que tenemos sobre el desarrollo del cerebro humano.

Dominancia cerebral

Los creadores de Brain Gym señalaron que el programa está basado también en las investigaciones de Orton, realizadas hace más de setenta años, sobre los efectos de la dominancia cerebral mezclada (lateralidad no definida) como causa de problemas del aprendizaje, en concreto, el de la lectura.

Orton encontró que los niños disléxicos preferían utilizar la mano izquierda (también el ojo izquierdo) y que había una mayor cantidad de ambidiestros en relación con los niños que no presentaban dificultades de lectura. Estas preferencias manuales las atribuyó a una organización cerebral inadecuada en la que no existía una clara lateralidad o dominio de un hemisferio cerebral sobre el otro y asumió que esta falta de asimetría cerebral era la responsable de la aparición de trastornos asociados al lenguaje como el de la dislexia. El hemisferio dominante para las tareas manuales debía serlo también para las funciones lingüísticas.

La falta de dominancia hemisférica cerebral explicaría por qué en este tipo de niños se observa frecuentemente una lectura y escritura en forma de espejo, es decir, se invierten letras, sílabas o palabras (por ejemplo, *las* y *sal*). Orton interpretó que, debido a la simetría cerebral, la información visual se representaba en forma espectral en cada hemisferio. Al no existir en los niños disléxicos una dominancia cerebral para el lenguaje, podrían acceder a ambos hemisferios leyendo la palabra de forma invertida; así, por ejemplo, la palabra *las* almacenada en el hemisferio izquierdo lo haría como *sal* en el hemisferio derecho. En el caso de existir la dominancia del hemisferio izquierdo se anularían las impresiones del otro hemisferio, condición imprescindible para el completo desarrollo de las funciones lingüísticas.

Según Orton, la forma más efectiva de enseñar a leer debía basarse en un enfoque multisensorial que permitiera promover la adecuada reestructuración cerebral y la adquisición de una asimetría consistente, es decir, a través de la combinación de estrategias de aprendizaje visuales, auditivas y cenestésicas en las que el niño habla, escucha, lee o escribe con frecuencia.

La relación con diversas actividades propuestas por Brain Gym vuelve a ser evidente. Así, por ejemplo, el ejercicio del *Ocho perezoso*, en el que se ha de dibujar el símbolo del infinito ∞ desde el centro siguiendo los ojos, el movimiento de las manos e incluso acompañando el movimiento diciendo en voz alta «arriba, hacia la izquierda, rodea, etcétera», se cree que elimina las transposiciones en lectura y escritura.

Sin embargo, aunque existen algunos resultados contradictorios, las evidencias empíricas no confirman la teoría de Orton. No se ha podido establecer ni una causalidad ni siquiera una correlación entre la falta de lateralidad, sea motora o sensorial, y la dislexia.

En un estudio realizado por Mayringer y Wimmer (2002) en el que participaron 530 chicos alemanes, aquellos que no tenían preferencia manual y que podían utilizar las dos

manos al realizar las tareas propuestas no mostraron ningún déficit cognitivo, tanto en pruebas de inteligencia no verbal como en otras de lectura u ortografía.

Asimismo, la incidencia de la zurdura en los niños disléxicos es bastante menor de lo que se esperaba y entre los que no son zurdos también se dan alteraciones en la dominancia lateral.

Se ha comprobado igualmente que es cierto que los niños con dificultades con la lectura cometan los errores de escritura y lectura llamados de espejo, pero que no existe una diferencia significativa con los cometidos por los buenos lectores.

En otro estudio de Machuca y Fernández (2002) realizado con 122 niños con edades comprendidas entre los 7 y los 8 años de edad en la ciudad española de Jaén, se quiso poner a prueba la teoría de Orton y sus supuestas conexiones entre la lateralidad hemisférica y el rendimiento en lectoescritura. Cabe remarcar la sorpresa que supuso para sus autores conocer las confusiones que la gran mayoría de docentes y supuestos expertos en educación especial tenían sobre las cuestiones analizadas. Así, por ejemplo, el 95 % de los docentes creía que un alumno con lateralidad cruzada tendría problemas en el proceso de aprendizaje de la lectura y la escritura. Incluso utilizaban expresiones muy en consonancia con las premisas de Orton: «El problema es que es zurdo, lamentablemente tiene lateralidad cruzada, el alumno no ha definido su lateralidad...».

En la investigación, se clasificó a los niños atendiendo a su grado de lateralización detectado y se les realizó una serie de pruebas estandarizadas relacionadas con la lectura y la escritura. El análisis de los resultados rechaza la hipótesis de Orton porque no se encontró ninguna correlación entre el rendimiento de los alumnos en la lectoescritura y la lateralización hemisférica, por lo que su aprendizaje es independiente de la lateralidad que pueda presentar el niño. Los autores sugieren asimismo que es necesario dejar elegir a los niños la mano o extremidad que quieren utilizar, no solo en el proceso de lectoescritura, sino también en cualquier otra actividad.

Entrenamiento perceptivomotriz

Brain Gym también se basa en la teoría del entrenamiento perceptivomotriz, un enfoque que propone que los problemas de aprendizaje se deben a una mala integración de las capacidades visuales, auditivas y motoras. Las actividades que utilizan este tipo de programas incluyen, por ejemplo, gatear, saltar, caminar sobre una barra de equilibrio o lanzar pelotas de rebote con el objetivo de mejorar el equilibrio, la relajación, la conciencia corporal, el desarrollo auditivo o la coordinación visual y motora. Sus partidarios justifican la aplicación de estas técnicas en las escuelas porque contribuyen al aprendizaje de la lectura, la escritura o la aritmética, especialmente en niños pequeños o en aquellos con discapacidades. En relación con esto, el programa Brain Gym propone los ejercicios energéticos para desarrollar el equilibrio o la coordinación previa al desarrollo de capacidades visuales o auditivas. Por ejemplo, el ejercicio del *Bostezo energético*, en el que se simula un bostezo colocando las yemas de los dedos en las mandíbulas, se utiliza para mejorar la visión. O las actividades de actitud de profundización como los ya comentados *Ganchos* se proponen para controlar el estrés y relajarnos.

Sin embargo, ya en las décadas de 1970 y 1980, los estudios demostraron la ineficacia de estas estrategias académicas. En un metaanálisis en el que analizaron 180 estudios, Kavale y Mattson (1983) evaluaron la eficacia del entrenamiento perceptivomotriz, pero no encontraron que este enfoque produjera mejoras académicas, cognitivas o perceptivomotrices. En concreto, los resultados en las pruebas de motricidad o de percepción visual revelaron unas ligerísimas mejoras, pero en las de lectura, escritura o matemáticas las mejoras fueron nulas. Todos los programas analizados produjeron efectos despreciables e, incluso, los más utilizados en la práctica, como Frostig o Kephart, revelaron las peores mejoras. Y no solo eso, sino que cuando se utilizó una combinación de programas (por ejemplo, perceptivomotrices con otros diseñados para la educación física) los resultados fueron aún peores.

Relacionado con lo anterior, en los últimos años ha aparecido una enorme cantidad de información sobre las modalidades visual, auditiva y cenestésica, según las cuales los niños pueden aprender mejor a través de percepciones visuales, auditivas o relacionadas con el movimiento corporal, respectivamente. Sin embargo, estudios recientes demuestran que presentar la información en el estilo preferido por el alumno no mejora su aprendizaje (Pashler *et al.*, 2009), lo cual no está en contradicción con el hecho de que cada alumno sea diferente, con sus fortalezas, conocimientos e intereses particulares, y que haya que tener en cuenta estos factores para atender de forma adecuada la diversidad en el aula.

Por otra parte, Brain Gym también incorpora la terapia visual que está dentro del entrenamiento perceptivomotriz. Por ejemplo, la actividad de *Botones del espacio*, en la que se colocan las yemas de dos dedos sobre el labio y la otra mano en la zona lumbar, se propone para mejorar la capacidad de organización visual. No obstante, la Academia

Norteamericana de Pediatría, en diferentes comunicados (1998, 2009 y 2011), ha desacreditado el uso de ese tipo de entrenamiento. Según los estudios aportados por la propia academia, los defectos oculares no son los causantes de que el niño pueda invertir letras, palabras o números. No hay evidencias empíricas que respalden la idea de que existe una relación entre los trastornos visuales y la dificultad en la lectura, por lo que las terapias que utilizan el entrenamiento visual optométrico, los ejercicios de músculos oculares, los movimientos de rastreo o lentes de colores carecen de base científica. La aparición de problemas visuales en niños disléxicos ha de interpretarse como una consecuencia, no como la causa del trastorno.

Brain Gym en el contexto científico

Es lógico que un programa que tiene como objetivo facilitar el aprendizaje a través de la mejora del funcionamiento cerebral, como no podía ser de otra forma, intente justificar su utilización mediante explicaciones basadas en la neurociencia. Sin embargo, detectamos dos problemas fundamentales: por un lado, la utilización de un lenguaje inadecuado que se aleja de lo conocido en ciencia y, por otro, la falta de evidencias empíricas de investigaciones independientes. En las revisiones sucesivas de la obra referente del programa *Brain Gym: Teacher's Edition*, y en la web oficial, www.braingym.org, hay un intento de reducir los tecnicismos, sugiriendo incluso renunciar a justificar en términos científicos cómo los movimientos del programa activan y mejoran el cerebro. Algo del estilo: «Sabemos que funciona, pero no sabemos por qué».

Pongamos algunos ejemplos. En lo referente al uso inadecuado del lenguaje, no es correcto considerar que «el sistema límbico es el centro del autocontrol» sin mencionar la corteza prefrontal, que es imprescindible para la inhibición y la acción voluntaria, comentar que las actividades permiten a los estudiantes «acceder a esas partes del cerebro que antes les eran inaccesibles», porque sabemos que la actividad cerebral en todo su conjunto no cesa, utilizar el término físico de energía electromagnética en la realización del ejercicio *Botones del cerebro*, porque con sus masajes sugeridos «aumenta el suministro de sangre al cerebro y aumenta el flujo de energía electromagnética» o decir que «el agua es un excelente conductor de energía eléctrica» cuando sabemos que es todo lo contrario y que si conduce la electricidad, es por los iones que tiene disueltos. En relación con el agua, es exagerada la fascinación que siente el programa por esta, sugiriendo su ingesta continua para mejorar los procesos de aprendizaje e, incluso, manteniendo cada sorbo unos instantes sin tragar. Lo cierto es que lo único que se ha demostrado son los efectos perjudiciales de la deshidratación y, afortunadamente, el cuerpo humano tiene unos mecanismos fisiológicos capaces de indicárnosla. Una cosa es permitir beber a los niños cuando tengan sed y otra muy diferente preocuparnos para que beban de forma continua porque creamos que van a mejorar sus funciones cognitivas, algo que no está demostrado (Howard-Jones, 2011).

Respecto a la falta de evidencias empíricas del programa Brain Gym, constatamos que la mayoría de los estudios suministrados por los autores corresponden a publicaciones propias en las que predominan relatos y experiencias de profesores sobre los efectos de los ejercicios en sus alumnos. En relación con la publicación de investigaciones en revistas independientes abiertas a la revisión y la crítica, Hyatt (2007) identificó cinco artículos. Uno de ellos se excluyó porque el mismo autor participaba en el experimento, en dos estudios más no se analizaron los efectos del programa sobre el aprendizaje, aunque uno encontró alguna mejora en lo referente al equilibrio y otro en el tiempo de respuesta. En otro de los estudios identificados en el que los estudiantes participaron en un programa de Brain Gym durante un año se constató una mejora en las capacidades

perceptivas y motrices de los participantes, pero no en el rendimiento académico. Y finalmente, el quinto estudio que debía examinar el rendimiento académico no reveló los procedimientos estadísticos que explicaran la obtención de los resultados obtenidos. Al analizar Spaulding (2010) los cuatro últimos estudios comentados comprobó que ninguno de ellos alcanzaba el 25 % de los indicadores que reflejan la fiabilidad de una investigación de calidad y que están relacionados con la elección de los participantes, la descripción del experimento, las medidas realizadas o el análisis de datos.

Por otra parte, el intento de justificar la utilización del programa basándose en el relato de experiencias personales exentas de toda objetividad y análisis crítico resulta insuficiente. Pongamos algún ejemplo. Una profesora justifica que un alumno de primaria puede acabar un trabajo escrito que le estaba dando dificultades tras un minuto dibujando *ochos perezosos* en la pizarra. Pero ¿ha sido la ejecución de ese ejercicio concreto lo que la ha ayudado? ¿Hubiera sucedido algo similar si hubiera hecho otros dibujos? ¿Lo importante fue el hecho de dibujar, el hecho de dibujar de forma consciente o el hecho de hacer un parón y mejorar así la atención para la tarea? Otra profesora explica que una alumna suya mejoró sus resultados en matemáticas al realizar el *Elefante*, un ejercicio en el que se apoya la mejilla en el hombro mientras se estira el brazo. Pero ¿la mejora se debe a la realización de ese ejercicio particular o a la integración del componente lúdico en el aprendizaje?

Implicaciones educativas

Si queremos mejorar la educación, el profesor ha de analizar con espíritu crítico el impacto real de sus estrategias pedagógicas en el aprendizaje de los alumnos. Se ha de saber lo que funciona y por qué funciona para poder diversificar los recursos educativos utilizados y atender así la diversidad en el aula.

Que en determinadas situaciones un programa como Brain Gym pueda mejorar el aprendizaje es posible, al fin y al cabo, hoy sabemos por los estudios de John Hattie (2009) que la gran mayoría de las estrategias educativas funcionan, aunque no lo hagan de forma significativa. Pero otra cuestión es que esta mejora pueda producirse por razones diferentes a las promovidas por el programa. Así, por ejemplo, actualmente conocemos los beneficios cognitivos que conlleva la actividad física, la mejora del aprendizaje jugando o cómo optimizar la atención requerida para el estudio. Y esto se sabe porque hay una gran cantidad de estudios científicos que han investigado estas cuestiones.

En la práctica, todas estas investigaciones tienen muchas implicaciones educativas que permiten desarrollar la auténtica gimnasia cerebral; esa que sí sabemos que va a mejorar el aprendizaje. Mencionemos algunas de ellas (Guillén, 2012):

Ejercicio físico regular

La práctica regular del ejercicio físico, especialmente el aeróbico, promueve la neuroplasticidad y la neurogénesis en el hipocampo, con lo que facilita la memoria a largo plazo, genera una respuesta de neurotransmisores importantes para la atención como la dopamina o la acetilcolina y reduce el temido estrés crónico, tan negativo para el aprendizaje.

Esto sugiere la necesidad de potenciar las clases de educación física, fomentar las zonas de recreo al aire libre que permitan la actividad voluntaria y aprovechar los descansos regulares para que los alumnos puedan moverse.

El juego nos permite conocer el mundo

El juego es imprescindible porque despierta la curiosidad, es placentero y nos permite aprender. Los estudios demuestran que al jugar se libera dopamina y se promueve la memoria de trabajo, una memoria a corto plazo que utilizamos al conversar, leer o reflexionar, se mejora la autoestima, se desarrolla la creatividad y se optimiza la atención. El *feedback* y la motivación asociados al juego son imprescindibles para el aprendizaje.

Evidentemente, hemos de saber integrar el componente lúdico en la práctica diaria. Se puede utilizar el ajedrez, rompecabezas, juegos compartidos o programas de ordenador, pero siempre con objetivos de aprendizaje definidos.

El arte mejora el cerebro

Cuando se integran actividades artísticas que incluyen las artes visuales, la música o el teatro en las asignaturas del currículo con objetivos claros y definidos, se obtienen múltiples beneficios para el aprendizaje y el comportamiento del alumno. No hay nada mejor para fomentar su creatividad y permitirles obtener una serie de competencias socioemocionales básicas para su desarrollo académico y personal que reflejar los hechos más significativos de la Revolución francesa en la letra de una melodía popular, escribir en una estrofa de un poema los pasos que hay que seguir para resolver una ecuación matemática o escenificar en inglés un final alternativo de la obra *Romeo y Julieta*.

Ciclos y parones para mejorar la atención

Sabemos que la atención constituye un recurso limitado y que los alumnos no pueden mantenerla durante períodos de tiempo prolongados porque se agotan determinados neurotransmisores de la corteza prefrontal.

Esto sugiere la necesidad de dividir la clase en bloques de diez o quince minutos a lo sumo para poder optimizarla. Los descansos entre bloques y entre clases (también se pueden utilizar estos últimos para realizar alguna actividad aeróbica sencilla) mejoran la predisposición hacia el aprendizaje. Incluso se ha demostrado que un simple paseo por un entorno natural es suficiente para recargar de energía circuitos cerebrales que permiten recuperar la atención y la memoria. Además, las investigaciones en neurociencia también han demostrado la utilidad de los programas que utilizan el *mindfulness*.

Integrando todo lo anterior, lo que los estudios sugieren es la necesidad de adoptar un aprendizaje activo en el que el alumno es el gran protagonista. Y en este contexto, se mueve, juega, está en contacto con el entorno natural o se relaja cuando es necesario. Pero eso no tiene nada que ver con dibujar infinitos en el aire, simular bostezos energéticos, estirar los gemelos o beber agua a sorbos. Los futuros ciudadanos merecen recibir una enseñanza actualizada y contrastada por parte de profesores que ya no pueden limitarse a ser unos transmisores de información durante años y que deben convertirse en unos auténticos investigadores de sus prácticas educativas. Relacionado con esto, Ben Goldacre (2011) explica un correo electrónico en el que un niño le relataba la *divertida estupidez* que mostraba su maestro: «Nos repartió un folleto que dice: “El cuerpo absorbe mejor el agua cuando esta se suministra en cantidades pequeñas y frecuentes”. Lo que quiero saber es: si bebo demasiada agua de un solo tirón, ¿se me escapará entonces toda por el ano?».

No dudemos nunca de la capacidad intelectual de nuestros alumnos y hagamos que la experiencia placentera la constituya el aprendizaje real.

Bibliografía

- ACADEMIA NORTEAMERICANA DE PEDIATRÍA (1968), «The Doman-Delacato treatment of neurologically handicapped children», *Developmental Medicine Child Neurology*, 10, pp. 243-246.
- (1998), «Learning disabilities, dyslexia, and vision: a subject review», *Pediatrics*, 102 (5), pp. 1.217-1.219.
- (1999), «The treatment of neurologically impaired children using patterning», *Pediatrics*, 104 (5), pp. 1.149-1.151.
- (2011), «Joint technical report: learning disabilities, dyslexia, and vision», *Pediatrics*.
- DENNISON, P. E., y DENNISON, G. E. (2012), *Brain Gym. Movimientos para mejorar en tu vida*, Barcelona, Vida Kinesiología.
- GOLDACRE, B. (2011), *Mala ciencia: no te dejes engañar por curanderos, charlatanes y otros farsantes*, Planeta, Barcelona.
- GUILLÉN, J. C. (2012), «Neuroeducación: estrategias basadas en el funcionamiento del cerebro», *Escuela con cerebro*.
- HATTIE, J. (2009), *Visible learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*, Londres, Routledge.
- HOWARD-JONES, P. (2011), *Investigación neuroeducativa. Neurociencia, educación y cerebro: de los contextos a la práctica*, Madrid, La Muralla.
- HYATT, K. J. (2007), «Brain Gym: building stronger brains or wishful thinking?», *Remedial and Special Education*, 28 (2), pp. 117-124.
- KAVALÉ, K., y MATTSON, P. D. (1983), «One jumped off the balance beam: meta-analysis of perceptual-motor training», *Journal of Learning Disabilities*, 16, pp. 165-173.
- MACHUCA, M., y FERNÁNDEZ CANO, A. (2002), «The Orton's hypothesis about hemispheric lateralization and reading-writing performance revisited: an ex post facto study in spanish context», *Relieve*, 8 (1), pp. 11-35.
- MACKAY, D. N., GOLLOGLY, J., y MCDONALD, G. (1986), «The Doman-Delacato treatment methods: I. Principles of neurological organization», *The British Journal of Mental Subnormality*, 32, pp. 3-19.
- MAYRINGER, H., y WIMMER, H. (2002), «No deficits at the point of hemispheric indecision», *Neuropsychologia*, 40, pp. 701-704.
- PASHLER, H., *et al.* (2009), «Learning styles: concepts and evidence», *Psychological Science in the Public Interest*, 9, pp. 105-119.
- SENSE ABOUT SCIENCE (2008), «Sense about Brain Gym». <www.senseaboutscience.org.uk/pdf/braingym.pdf>.
- SPARROW, S., y ZIGLER, E. (1978), «Evaluation of a patterning treatment for retarded children», *Pediatrics*, 62 (2), pp. 137-150.
- SPAULDING, L. S., *et al.* (2010), «Is Brain Gym an effective educational intervention?», *Faculty Publications and Presentations*, 148.

STEPHENSON, J. (2009), «Best practice? Advice provided to teachers about the use of Brain Gym in Australian schools», *Australian Journal of Education*, 53 (2), pp. 109-124.

12.

La imaginación, ¿elemento secundario en educación?, por *Marta Ligioiz*

Neuromito: En la educación es más importante el proceso racional y lógico, la imaginación es menos importante y secundaria.

Considerar que los procesos racionales y lógicos son los más importantes en educación, con materias de primer orden, mermando la importancia sobre otras consideradas de segunda categoría, como el arte, o potenciar la imaginación y la creatividad es un grave error. Es un neuromito muy limitante en lo personal y en lo social.

La evolución no nos habría aportado recursos tan sofisticados como la imaginación si no tuvieran un papel esencial en nuestra vida y desarrollo. Todos nuestros recursos internos han pasado filtros evolutivos durante millones de años para que actualmente nos proporcionen herramientas vitales.

Desde que nacemos la imaginación nos acompaña, probando opciones en nuestra mente, eligiendo entre posibilidades, previniendo daños o abriendo puertas hacia futuros diferentes.

Todo lo que existe en nuestro mundo fue creado en la mente de las personas. Ideas, construcciones, aviones, parques de atracciones, sociedad, educación. El mundo en el que vivimos es una creación de cómo utilizamos nuestra imaginación, motor de nuestra creatividad.

¿Realmente es tan importante la imaginación? ¿Saber utilizar y potenciar nuestra imaginación condicionará nuestro futuro?

Qué pasa en nuestro cerebro cuando imaginamos

Siempre hemos experimentado, mucho antes de que las investigaciones lo corroborasen, los efectos en nuestro cuerpo al imaginar. Por ejemplo, solo con imaginar un posible peligro, aunque sea irreal, notamos cómo se altera el ritmo cardíaco, la respiración, nuestros gestos y posturas, nuestras emociones y estado de ánimo. Y, por el contrario, al imaginar que estamos en un lugar maravilloso con alguna persona querida, nuestro cuerpo responde a la creación de nuestra mente. Pero ¿qué ocurre realmente en nuestro cerebro y el resto del cuerpo al hacerlo?

Con la resonancia magnética funcional (introducida para el estudio de la imagen neuronal en la década de 1990) y otros medios de estudio actuales, podemos observar en una pantalla el funcionamiento del cerebro en tiempo real mientras imagina o realiza determinadas acciones. Estos medios técnicos han dado mucha luz a lo que realmente sucede y han abierto múltiples caminos de investigación.

Gracias a ellos se pudo comprobar que, al imaginar, se activan los mismos circuitos cerebrales que cuando lo hacemos o lo vivimos en la realidad. Esto suponía toda una revolución. ¿Para qué nos ha dotado la evolución de esta extraordinaria herramienta?

Si imaginamos que estamos haciendo deporte, el cuerpo responde como si fuese cierto, pero, entonces, ¿por qué no nos movemos? Porque funciona como al soñar durante la noche, podemos despertarnos sudando, cansados tras correr porque nos perseguían, pero a pesar de que nuestro ritmo cardíaco, respiración, tensión arterial, cansancio muscular, etcétera, están alterados, seguimos en la cama. Esto ocurre porque hay una inhibición suficiente del movimiento para que no salgamos corriendo dormidos, pero a nivel muscular se producen microcontracciones, lo que hace que los músculos estén trabajando.

Cuando entramos en una cabina de simulación virtual, ya sea para aprender a volar, a conducir o a sentir la sensación que supone estar en el espacio, en una montaña rusa o bajando a toda velocidad el cauce de un río, lo que hacemos es utilizar medios técnicos que nos sitúen como si imaginásemos la situación. Nuestra imaginación es un simulador virtual interno en el que podemos probar situaciones, entrenar, crear, prever, incidir en nuestro organismo, mejorar el aprendizaje, las habilidades personales y sociales.

Poseemos la capacidad de imaginar y modificar con ello mucho más de que lo creemos, sin movernos del sitio. Esta herramienta valiosísima nos ayuda, como veremos, en múltiples facetas de nuestra vida. Podemos aprender a utilizarla a favor del aprendizaje, la salud y una sociedad mejor.

En un estudio publicado en *Journal Psychological Science* por científicos de la Universidad de Oslo (Bruno Laeng, profesor de neuropsicología cognitiva, y Unni Sulutvedt) se llevaron a cabo trabajos de investigación para comprobar si algo tan reflejo e inconsciente como la adaptación de la pupila a la luz podía ser afectado con luminosidad imaginada. El tamaño pupilar no se modifica de forma voluntaria, ya que son comportamientos reflejos automáticos. Para comprobarlo utilizaron tecnología de

rastreo ocular por infrarrojos para medir el diámetro de las pupilas de los probandos, primero cuando veían destellos de distinta intensidad reales y después más tarde imaginando situaciones o paisajes con diferentes grados de luminosidad. Los resultados indicaron que con la luz imaginada había una adaptación del 87 %, y ante la oscuridad, una dilatación de un 56 %. En otro experimento probaron la posibilidad de que las personas del estudio modificaran a voluntad el tamaño pupilar con su imaginación. Los resultados corroboraron una vez más que los circuitos activados actúan del mismo modo que si fuese real, incluso los circuitos subconscientes, considerados más complicados de manejar, y que controlan procesos automáticos, como ocurre con el tamaño pupilar.

¿En qué se está aplicando desde hace años?

En **alta competición** lleva tiempo siendo un elemento esencial dentro del entrenamiento de los atletas. Los entrenadores afirman que el ejercicio mental de simulación asegura la aceleración de capacidad y los resultados. Imaginan los movimientos perfectos de su cuerpo, visualizan cómo serían más efectivos. Al estar haciendo esto, los circuitos cerebrales que moverán realmente el cuerpo de esa manera están entrenando. Cuando lo hagan de verdad les será más fácil llevarlo a cabo porque el recorrido necesario cerebral ya está más activo y señalizado. Las claves son incorporar emociones y todos los sentidos, de modo que veamos, sintamos, oigamos y percibamos cada movimiento óptimo. Sin emociones y sin «saborear» el entrenamiento mental no provocará los cambios deseados. Se visualiza también el entorno, el público, el ambiente, etcétera, de modo que nuestra capacidad emocional y de adaptación sea mayor.

No solo se utiliza para mejorar el movimiento, sino también para la concentración y eficacia emocional en campeonatos, cómo expresarse en una rueda de prensa sin bloquearse o cómo dar una conferencia. Esto, que puede parecer ciencia ficción, nunca mejor dicho, es un medio evolutivo que poseemos tras millones de años y que a menudo utilizamos en nuestra contra sin darnos cuenta, por ejemplo, imaginando que no podremos conseguirlo o que nos saldrá mal, ¿somos conscientes de que lo potenciamos?

Jean M. Williams, en su libro *Psicología aplicada al deporte*, ya mostraba los resultados de la visualización en alta competición en 1991, enseñando las claves para un uso óptimo de esta.

Jack Nicklaus, exgolfista estadounidense muy famoso, con innumerables éxitos y considerado a menudo el mejor de la historia, atribuye el 90 % del éxito al entrenamiento mental, que ayuda a que mejoren progresivamente las acciones posteriores en el juego. Imaginaba cada paso lentamente, cada movimiento, conectaba con la pelota, el palo, el entorno, cómo giraba su cabeza y su postura, observaba desde distintos ángulos la pelota, en qué parte de ella golpearía, visualizando varios posibles *swings*. Todo era mental, sin moverse y sin distracciones. Posteriormente se iba al campo y practicaba lo que había imaginado.

En general, según atletas y entrenadores, los beneficios que aporta oscilan entre más de un 40 al 90 %. Visualizar las mejoras ante errores cometidos tras la competición posibilita solventarlos con mayor rapidez y eficacia. Con ello se desarrolla en gran medida la capacidad de concentración, autogestión y confianza. Es muy frecuente ver a atletas antes de comenzar una competición concentrados; están imaginando, repasando en su mente sus movimientos, acciones, actitudes y resultados deseados.

Ya sea en el tenis, el golf, la natación, el atletismo, los juegos de equipo, etcétera, utilizan desde hace años esta técnica como indispensable y de enorme valor.

Cuando un equipo imagina al unísono su excelente coordinación conjunta, sus cerebros se sincronizan, produciendo ritmos cerebrales semejantes (sus ondas cerebrales

en el electroencefalograma lo demuestran), lo que provoca mayor vínculo, coordinación y resultados.

La sincronización cerebral ocurre siempre que haya una buena interconexión, hagamos o imaginemos una acción. Estudios llevados a cabo por Johanna Sänger, experta en psico-neurología del desarrollo del Instituto Max Planck de Investigación en Educación en Berlín, demuestran esta sincronicidad cuando los músicos tocan piezas conjuntas, y ocurre también entre el público que la escucha. Se crea una red conjunta de vibración cerebral, demostrada por las ondas de sus cerebros mientras esto ocurre. Ulman Lindenberger, del mismo instituto, estudia la aplicación de la sincronicidad para mejorar la comunicación en educación y en casos de autismo u otras afecciones.

La sincronicidad en un aula generada por la imaginación conjunta de acciones cooperativas y éxitos compartidos generará mejoras en las competencias y habilidades, con cambios conductuales posteriores. Tanto individual como colectivamente la imaginación es una herramienta poderosa para el desarrollo del alumnado. Enseñar cómo obtener resultados y entrenarla, de modo que puedan sentir sus efectos, les aportará recursos internos para su autogestión, autonomía y superación.

En el **campo médico** también hay múltiples experiencias al respecto.

En un trabajo de investigación llevado a cabo en 1999 y publicado en la revista científica *British Journal of Cancer*, Hernandez-Reif, Field, Ironson, Beutler y otros equipos médicos comprobaron cómo la relajación a través de imaginación guiada mejoraba el estado general de mujeres con cáncer, disminuyendo los niveles de cortisol en sangre y aumentando los niveles de células Killer (encargadas de destruir tumores). A su vez, mejoraba su calidad de vida, su estado anímico y su respuesta a los tratamientos.

Otros estudios llevados a cabo en el año 2000 por Vann Williams Donaldson y su equipo mostraron los efectos sobre la inmunidad. Pacientes de diferentes patologías que cursaban con depresión del sistema inmune participaron aplicando ejercicios específicos de imaginación guiada. Los resultados demostraron incremento de leucocitos en todos ellos en un periodo de tres meses, con igual resultado ya fueran hombres, mujeres o de diferente edad.

Existen muchas investigaciones que demuestran el aumento de neurotransmisores como la serotonina, disminución del dolor, mejoras inmunitarias y hormonales, y disminución de la inflamación y el miedo.

La imaginación bien dirigida ayuda a nuestro cuerpo a encontrar equilibrio para poder facilitar su sanación. Cada día va en aumento el número de profesionales de la salud que utilizan estos medios como parte del tratamiento, siendo a veces clave en la dirección que toma el estado clínico. La persona, además, comprende que es un agente activo en su proceso y que tiene una gran influencia en él. Aún queda mucho camino para que los paradigmas culturales y sociales se abran a evidencias que rompen con esquemas antiguos establecidos y puedan abrirse a nuevas vías que la ciencia corrobora como medios por explorar y potenciar.

También en **educación** tiene interesantes aplicaciones.

Si, por ejemplo, un alumno comienza a temer que va a suspender, que no es capaz de conseguir lo esperado, su imaginación recreará la posible situación, con las consecuencias que cree que puede tener. Aparecerán imágenes en su mente de comentarios familiares, castigos, emociones, miedo en aumento, etcétera. En estos momentos estará provocando toda una cascada de reacciones en su interior sin moverse del sitio y sin que sea real. Se activa la supervivencia (mecanismo defensivo ancestral) y con ello el cerebro toma las riendas para preparar todo el cuerpo:

- La circulación se desvía hacia los músculos para que tengan más fuerza. En condiciones normales solo utilizamos un tercio de las fibras musculares, los otros dos tercios se reservan para casos de peligro o necesidad. Ahora comenzarán a activarse.
- Disminuye la circulación en el sistema digestivo y renal (ya que ante una emergencia no son prioritarios). Esta es la causa de que tengamos diarrea cuando estamos nerviosos. Evitamos el gasto energético de la digestión y eliminamos peso y carga innecesaria. Podemos llegar, incluso, a orinarnos encima por la misma razón. Disminuye al mismo tiempo el riego sanguíneo en la piel, para evitar sangrado en caso de heridas, también en el área prefrontal, esencial para el aprendizaje, la memoria y la superación personal a otros niveles.
- Las hormonas del estrés aumentan, la adrenalina y el cortisol ayudarán a los cambios generales. El ritmo cardíaco se acelera, y también la respiración y la tensión arterial, aumenta la glucemia y disminuye la producción de la hormona del crecimiento.
- Predomina la función de captación de energía en detrimento de la regeneración celular.
- La inmunidad se verá pronto afectada con disminución de su capacidad defensiva.

Todo esto provocado por su imaginación. ¿En qué tanto por ciento diario está el alumnado en estado de supervivencia de mayor o menor intensidad? Porque significaría que estamos más propensos a pelearnos o huir que a aprender.

Lo mismo pasa con los adultos. Cuando esto se repite una y otra vez ante las presiones cotidianas vamos entrando en un estrés crónico que dificulta nuestras facultades mentales y abona el terreno del desequilibrio y la enfermedad. La autogestión emocional es una herramienta clave en la educación para prevenir la frecuencia de estos estados.

Ayudar a desarrollar una imaginación con conciencia, más constructiva y sana, pondrá recursos muy valiosos en manos del profesorado y de los alumnos. La conciencia corporal y el saber escuchar las señales de nuestro cuerpo son un gran recurso de cara al desarrollo de la inteligencia emocional.

¿Qué es la neurorretroalimentación?

Es un entrenamiento cerebral con la ayuda de técnicas de neuroimagen en directo. Fueron pioneros en esta técnica Robert Cox y sus colaboradores, de la Facultad de Medicina de Wisconsin, en 1995. Estos biofísicos hallaron el modo de analizar con imágenes la actividad cerebral en tiempo real; de este modo podían mostrarla a personas para que intentaran modificarlas con su pensamiento.

Posteriormente, otros equipos consolidaron su posible aplicación terapéutica, como los estudios que llevaron a cabo Heather Chapin y Sean Mackey (2014), profesor de medicina del dolor y neurología. Ambos de la Facultad de Medicina de la Universidad de Stanford, junto con el neurocientífico Christopher de Charms. Estos consistían en que personas aquejadas de dolores crónicos intensos se sometían a un estudio de su cerebro en directo con resonancia magnética funcional; a su vez, delante de ellos podían ver una imagen, representada en este caso por una llama. Su tamaño varía según la activación de una zona determinada llamada corteza cingulada anterior (CCA), la cual interviene, entre otras funciones, en la percepción del dolor. La persona comprueba cómo se relacionan el dolor y la intensidad de estímulo de esta zona cerebral con el tamaño de la llama. Su trabajo consiste ahora en utilizar recursos de imaginación para bajar el tamaño a voluntad. Ha de anular los componentes cognitivos dañinos que elevan el dolor. A veces imaginan escenas que no solo no lo disminuyen, sino que lo aumentan, mientras que otras ejercen un efecto muy favorable, y el dolor puede desaparecer por completo o en gran medida. Ya sea una lluvia suave o cualquier imagen que la persona cree en su mente. De este modo, la persona «juega» con la llama y su imaginación para apoyarse mutuamente en un *feedback* continuado y entrenar su cerebro para después, sin necesidad de medios técnicos, saber manejar mejor sus recursos cerebrales. Esto supone un aprendizaje y entrenamiento hasta conseguirlo de manera estable.

Los autores de la investigación lo llevaron a cabo con éxito con personas afectadas y personas sanas, en las que se introdujo un elemento térmico en una mano que al calentarse producía dolor. En ambos casos la llama mostraba la actividad cerebral y los resultados de cada intento imaginativo y utilización cognitiva. La fuerza del pensamiento nos demuestra cómo interviene directamente sobre las diferentes estructuras neuronales.

La neurorretroalimentación por imagen es un medio terapéutico nuevo, aunque de otro modo hace más de cuarenta años que se venía estudiando. Por entonces se utilizaba un electroencefalógrafo (EEG) con electrodos sobre el cuero cabelludo para detectar las ondas y la actividad eléctrica. Cuando la persona veía los cambios producidos según su propia acción imaginativa le servía de retroalimentación. Se aplicaron con bastante éxito en casos de depresión, adicciones, dolor y epilepsia para controlar y aprender a evitar las crisis regulando el ritmo neuronal.

La resonancia magnética funcional aporta mucha más información porque detecta justo qué zonas intervienen en cada caso. Se trata de una gimnasia de la imaginación. En los estudios se comprobó que, tras seis meses de haber hecho el entrenamiento por

imagen y seguir a solas en sus casas trabajando los ejercicios aprendidos, las personas conseguían con gran diferencia mejores resultados y más rápidos ante estímulos dolorosos que personas que comenzaban por primera vez.

Las aplicaciones pueden ir dirigidas al aprendizaje o a mejorar estados mentales y emocionales y sus consecuencias. Quizá todo esto nos recuerde en cierta medida a otros medios de retroalimentación diferentes que a la infancia y a los jóvenes les apasionan: los juegos virtuales.

Avatares e imaginación

En un juego virtual podemos crear un personaje con las características que deseemos y «movernos y sentir» a través de él. Afrontar situaciones, superar obstáculos, ayudar a otros o crear soluciones innovadoras. Hay multitud de juegos hoy en día que apasionan a los jóvenes, que viven y aprenden a través de ellos. El qué aprenden dependerá del juego en cuestión.

El avatar es un medio, un cuerpo virtual con el que nos podemos identificar y experimentar. Al igual que un simulador nos coloca ante un espacio imaginario, un avatar nos invita a convertirnos, en cierta manera, en él.

No solo se están utilizando como juegos comerciales, también en psicoterapia están entrando progresivamente con perspectivas poderosas de revolucionar la manera de superar nuestros límites. Pero ¿qué ocurre en nuestro cerebro mientras interactuamos con el personaje?

Estudios llevados a cabo por Konstantia Kilteni y su equipo, en la Universidad de Barcelona, demostraron que las personas a las que se las sometía a una inmersión con un casco de realidad virtual, donde su cuerpo era ficticio, pero podían regular sus movimientos, percibían esas partes del cuerpo como propias. Se produce una identificación progresiva.

En 2011, en la Universidad Radboud de Nimega, trabajaron con jugadores experimentados de juegos con avatares para comprobar hasta qué punto ocurría una identificación corporal y emocional. Dos áreas cerebrales se activan de manera importante:

- El giro angular (zona en unión temporoparietal), que se relaciona, entre otras funciones, con experiencias extracorpóreas, como la sensación de flotar, de volar por encima del cuerpo, etcétera.
- El giro cingulado anterior, que interviene en el procesamiento de emociones. Se activa ante la experiencia del avatar como si fuese ante la conexión emocional pensando en su mejor amigo.

En otro estudio de 2009, Kristina Caudle y sus colaboradores del Dartmouth College comprobaron cómo la actividad de la corteza prefrontal medial (encargada de la información relevante sobre nuestro yo) era mucho más intensa cuando recibían información sobre sus avatares que cuando lo hacían de otras personas cercanas, como, por ejemplo, de sus mejores amigos.

Ante la identificación en un medio virtual, las aplicaciones son numerosas, constructivas o no según su utilización. Se han utilizado para probar sus beneficios a la hora de superar adicciones, fobias, ansiedad, mejorar la empatía, las habilidades sociales, la concentración, la sociabilidad, etcétera. La persona mueve el avatar, aprendiendo con sus acciones y de las situaciones que afronta, desarrollando progresivamente recursos

internos. Hay juegos donde cada vez que el avatar consigue salvar obstáculos personales adquiere nuevas habilidades y pasa de este modo a poder conseguir otras metas. Estos retos atraen mucho en la motivación.

En otros juegos en los que el avatar ayuda a otras personas, como héroes o personajes empáticos, se constata que después en la vida real tienen más tendencia a la generosidad y a compartir. Se produce un aprendizaje y cambios en la conducta. Diríamos que en estos casos sí se puede aprender en «cabeza ajena», la de nuestra representación virtual.

José Gutiérrez Maldonado, psicólogo clínico y director del Departamento de Personalidad, Evaluación y Tratamientos Psicológicos de la Universidad de Barcelona, ha trabajado con la realidad virtual en múltiples alteraciones, y ha mostrado que es más rápida y eficaz que la terapia tradicional, y puede, según los casos, suponer una o dos sesiones mientras que antes equivalía al menos a unas dieciséis. La interacción de la persona con la situación imaginaria es clave en su éxito. En un futuro cercano habrá multitud de juegos con aplicaciones educativas.

La otra cara de la moneda son juegos donde la violencia y destruir a otros son la clave. Esto también influirá en reacciones posteriores y la publicidad puede utilizarlo para mejorar sus ventas. Se han hecho estudios, como los llevados a cabo por el equipo del psicólogo Hal Ersner-Hershfield, donde el avatar, con el rostro de la persona en cuestión, aparece cumpliendo años y envejeciendo, y se le hacen preguntas, en cada edad que va alcanzando, sobre lo que más teme o su mayor esperanza. Tras ello se les pedía que gastaran mil dólares; al darles a elegir entre variantes posibles tendían a depositarlos en planes de jubilación.

La conciencia de lo que implica y la educación hacia una imaginación que empodere, en lugar de debilitarnos, sería un elemento clave ante un presente y futuro virtual que entra con fuerza arrolladora para quedarse.

La imaginación es una herramienta muy poderosa, genera cambios biológicos, emocionales y conductuales. Potenciar un buen desarrollo de esta mejorará muchísimo nuestras competencias, nuestra calidad de vida y nuestro aprendizaje.

Amigos imaginarios y muñecos con vida propia

Nos resulta familiar, por otra parte, que los niños hablen de sus amigos invisibles que solo ellos pueden ver, asunto que a menudo preocupa a los padres y educadores, ya que creen que puede tener algún perjuicio. Muy al contrario, los estudios demuestran que estos amigos los ayudan a comunicarse, al desarrollo de su creatividad, a expresar mejor sus emociones, sentirse acompañados, protegidos y ayudados en momentos difíciles. La frecuencia de su presencia es aproximadamente de uno de cada tres niños según la psicóloga Inge Seiffge-Krenke, que dirige el Departamento de Psicología Evolutiva en la Universidad de Mainz (Alemania). Esta experta insta, junto a otros investigadores, a no reprimir estas relaciones. Todos los estudios de investigación al respecto coinciden. En 2008, en la Universidad de Manchester, Anna Roby y Evan Kidd llevaron a cabo un estudio sobre las capacidades lingüísticas en niños de preescolar y primaria. Los que contaban con amigos invisibles, en promedio, mostraban mayor facilidad de expresión, de convencer con sus argumentos y de disfrutar de la prueba. Anteriormente, en el año 2000, Inge Seiffge-Krenke había estudiado a 214 jóvenes y había obtenido los mismos resultados: los que tenían amistades imaginarias poseían más habilidades sociales y empatía.

Es frecuente que aparezcan en situaciones de soledad o necesidad de ayuda ante situaciones difíciles, mientras que en casos más graves, como el maltrato o el abandono, puede provocar la desaparición de dichas experiencias; en estos casos hay una depresión de la creatividad y el abandono del juego. En otras muchas ocasiones no está relacionado con nada de ello. Se considera parte de su desarrollo natural, de su creatividad y juego simbólico. Permitir y respetar estas experiencias es ayudar a los niños y jóvenes en su proceso madurativo.

Los muñecos con vida propia, a los que les confieren características específicas, llevan a cabo igualmente un papel muy importante en su desarrollo evolutivo.

Imaginación y creatividad

La creatividad necesita la inspiración de la imaginación, es su sustrato básico, es el aliento que lleva a materializar los sueños. En un mundo que cambia a gran velocidad es clave para la innovación, la adaptación y el pensamiento lateral o divergente (que mira otras opciones diferentes a las conocidas o barajadas hasta el momento). Cada día las empresas buscan con más ahínco a personas creativas porque son capaces de encontrar opciones nuevas, utilizar mejor los recursos existentes, crear mejor clima y cooperar más. En estos momentos que vivimos resulta curioso que los programas educativos puedan ir en dirección opuesta a lo que se precisa y se solicita con mayor valoración.

La falta de creatividad crea rigidez mental e inadaptación a los cambios. Es antievolutivo reprimirla o ignorarla. La imaginación inspira y ayuda a barajar miles de datos subconscientes que recibimos a diario en un marco abierto de posibilidades.

Empresas de gran éxito potencian y ayudan los procesos creativos de sus trabajadores, de ahí que podamos encontrar cada vez más en ellas espacios de relax o de juegos, ambientes enriquecidos de gran eficacia y con mejores resultados empresariales. Va unido a una gran flexibilidad y clima de confianza. Y es que el control de los trabajadores, la rigidez y la desconfianza matan la creatividad, el vínculo, el ánimo y la cooperación; el fracaso estaría sembrado.

Estos ambientes enriquecidos aportan los ingredientes para que los procesos de imaginación y creatividad se abran en un abanico de opciones. De hecho, las mejores ideas cuando se trabaja en un tema surgen mientras descansamos, dormimos, jugamos o hacemos algo agradable o divertido. Nuestro cerebro sigue trabajando en esos momentos en un espacio que permite activar zonas de nuestra corteza cerebral indispensables para la innovación. Momentos de análisis y racionalidad, unidos a otros imaginativos, de serenidad y lúdicos, son el alimento que permite la creación. Es ir a favor de cómo funciona nuestra propia naturaleza.

La educación ha de ir en esta dirección y no al revés. Crear espacios de confianza, flexibilidad, con un ambiente y un clima que favorezcan una mente abierta, curiosa y creativa. Nacerán talentos ocultos hasta el momento, fortalezas y recursos.

En el arte se despliega la creatividad en todas sus manifestaciones como una explosión de vida y libertad, y es un vehículo de desarrollo social, un tesoro que estimula el pensamiento crítico y la conciencia. Aflora información subconsciente muy valiosa que se abre paso y que necesitamos expresar para madurar, para descubrir caminos que terminarán aterrizando, en gran medida, en el plano consciente. Provoca esos *insight* o «darnos cuenta» de aspectos valiosos.

Implicaciones educativas

Todo es posible en nuestra mente

Poseemos un mundo donde todo es posible, ahí se fraguan los cambios sociales y tecnológicos. Viajar por esos mundos de posibilidad abre nuestra mente y ejercita el pensamiento lateral que, junto con el convergente, cooperarán para hacer realidad sueños e ideas. Martin Luther King comenzaba su discurso con: «Tengo un sueño». Permitir la expresión de esos espacios internos: cómo podría ser el mundo, las relaciones, nuestras capacidades... hará que conecten con talentos ocultos y fortalezas. Entrenar la imaginación es entrenar nuestros talentos.

Ambientes enriquecidos

Si en las aulas creamos espacios y tiempos de concentración a la vez que otros de relajación, lúdicos, de espontaneidad y libertad expresiva creativa, estaremos potenciando el ritmo natural cerebral, que seguirá integrando e investigando los temas que traigamos entre manos. Surgirán ideas nuevas e innovaciones. Clima y ambiente con calidez y creado según sus necesidades. Lo estático, monótono o solo racional-lógico agotará la concentración y disminuirá la creatividad y la capacidad de aprendizaje. El fracaso escolar se estará gestando día a día en muchos alumnos, en otros mermará sus habilidades, y para todos será más costosa la educación.

Sincronicemos nuestros cerebros

Llevar a cabo ejercicios de sincronización e imaginación colectiva crearán vínculos más potentes, cooperación y disminución del estrés. Por ejemplo, tras unos segundos de relajación, comienzan a imaginar una actividad conjunta de manera óptima, introduciendo los sentidos y las emociones para que sea efectivo. Durante unos minutos recrean las acciones, la alegría de cooperar y superar obstáculos, ya sean estos reales o imaginarios, tipo juego. La repetición con diferentes situaciones estimulará su imaginación, talentos, recursos y trabajo en equipo.

Desplegando las alas de la libertad

Permitir y potenciar la participación y elaboración creativa de materias. Que puedan innovar y proponer. Convertir el aula en un espacio de arte donde germinen los talentos.

Avatares y juego simbólico

La utilización de juegos dramáticos, teatro, simulaciones y creación de avatares los ayudará a desarrollar habilidades en cada etapa o momento que precisen. Dotar de vida a personajes con los que vincularse, ya sean imaginados o escenificados, como referentes, ayudará a que personas más tímidas potencien su autoconfianza y seguridad, y a que superen miedos y mejoren competencias.

Entrenar para ser feliz

Por encima de todo, lo esencial es fortalecer el sentido vital y nuestro lugar en el mundo, que aprendamos a ser más felices y a autorrealizarnos como personas, aportando nuestra manera de entender el mundo, de crear y de evolucionar. Conocer nuestro cerebro y sus misterios, cómo podemos utilizar nuestras capacidades a favor del viento de nuestra propia naturaleza. Pueden aprender las materias más «serias» de forma divertida y fácil, cercana e introduciéndose en el universo interno de sí mismos y de la red colectiva. La inteligencia emocional en las aulas será una gran aliada en este camino.

La imaginación nos abre las puertas hacia un sinfín de posibilidades. Adentrémonos en ellas a diario porque lo que un día nos parecía imposible más tarde comenzó a formar parte de nuestras vidas.

Bibliografía

- AGLIARO-LÓPEZ, M., *et al.*, (2014), «Inducción de *craving* por comida mediante realidad virtual no inmersiva», *Revista de Psicopatología y Psicología Clínica*, 19, pp. 243-251.
- ALLAMI, N., PAULIGNAN, Y., BROVELLI, A., y BOUSSAOUD, D. (2008), «Visuo-motor learning with combination of different rates of motor imagery and physical practice», *Experimental Brain Research*, 184, pp. 105-113.
- ALSINA-JURNET, L., *et al.*, (2007), «Aplicaciones clínicas de la realidad virtual en el ámbito escolar», *Cuadernos de Medicina Psicosomática y Psiquiatría de Enlace*, 82, pp. 32-51.
- BARTOLOMEO, P. (2008), «The neural correlates of visual mental imagery: an ongoing debate», *Cortex*, 44, pp. 107-108.
- BLASCOVICH, J., y BAILENSEN, J. (2011), *Infinite reality: avatars eternal life, new worlds and the dawn of the virtual revolution*, Nueva York, Harper Collins.
- CHAPIN, H., *et al.* (2012), «Real-time fMRI applied to pain management», *Neuroscience Letters*, 520, pp. 174-181.
- CHAPIN, H., y MACKEY, S. (2014), «Cerebro transparente y educable», *Investigación y Ciencia (Mente y Cerebro)*, 67.
- DIETRICH, A., y KANSO, R. (2010), «A review of EEG, ERP, and neuroimaging studies of creativity and insight», *Psychological Bulletin*, 136, pp. 822-848.
- DONALDSON, V. W. (2000), «A clinical study of visualization on depressed white blood cell count in medical patients», *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 25 (2), pp. 117-128.
- GANESH, S., *et al.* (2012), «How the human brain goes virtual: Distinct cortical regions of the person-processing network are involved in self-identification with virtual agents», *Cerebral Cortex*, 22 (7), pp. 1.577-1.585.
- GUTIÉRREZ, J. (2009), «Evolución y tratamiento psicológico mediante realidad virtual y nuevas tecnologías», *Anuario de Psicología*, 40 (2), pp. 149-154.
- HEGARTY, M. (2004), «Mechanical reasoning by mental simulation», *Trends in Cognitive Sciences*, 8 (6), pp. 280-285.
- KILTENI, K., *et al.* (2012), «Extending body space in immersive virtual reality: a very long arm illusion», *PLoS ONE*, 7, e40.867.
- L'ECUYER, C. (2013), *Educar en el asombro*, Barcelona, Plataforma.
- LACOURSE, M., *et al.* (2005), «Brain activation during execution and motor imagery of novel and skilled sequential hand movements», *NeuroImage*, 27, pp. 505-519.
- LENGACHER, C. A., *et al.* (2008), «Immune responses to guided imagery during breast cancer treatment», *Biological Research for Nursing*, 9, pp. 205-214.
- MURPHY, S. (2011), «Mi avatar, mi mentor», *Investigación y Ciencia (Mente y Cerebro)*, 49, pp. 32-37.

- OSSORIO, D. (2004), «El entrenamiento mental en el deporte. La regulación de la imaginación», *Revista Digital*, 73.
- SEIFFGE-KRENKE, I. (2011), «Amigos imaginarios», *Investigación y Ciencia (Mente y Cerebro)*, 49, pp. 60-65.
- TAYLOR, M., *et al.* (2004), «The characteristics and correlates of fantasy in school age children: imaginary companions, impersonation and social understanding», *Developmental Psychology*, 40, pp. 1.173-1.187.
- TORO, J. M. (2015), *Mi alegría sobre el puente*, Bilbao, Desclée De Brouwer.

Conclusiones |

Hasta hace unas décadas era imposible examinar el cerebro humano vivo, por lo que solo teníamos una vaga idea acerca de cómo funciona cuando aprendemos. De ahí que el principal procedimiento utilizado para estudiar cómo aprende nuestro cerebro fuese la observación de sus acciones externas, a través de la conducta, lo que exigía situarse en un determinado entorno y hacer extrapolaciones, y que algunas teorías pedagógicas basadas en ese tipo de investigaciones no resultaran consistentes. Sin embargo, gracias a los avances de la tecnología, desde hace aproximadamente unos veinte años los neurocientíficos tienen a su disposición una serie de técnicas que permiten tomar registros de la actividad neuronal en un proceso cognitivo, así como identificar las estructuras cerebrales concretas que se activan en él. De este modo, podemos evaluar lo que ocurre dentro del cerebro cuando *conocemos*, y a partir de esta información podemos determinar qué elementos y métodos de enseñanza son los más eficaces para el aprendizaje.

Ahora bien, el cerebro humano es uno de los sistemas más complejos que existen en la naturaleza, y no solo por lo que se refiere a las cifras astronómicas de neuronas y sinapsis, sino también por su organización jerárquica basada en la evolución de los seres vivos. La investigación neurocientífica todavía no ha alcanzado una comprensión del funcionamiento del cerebro en su totalidad. Además, su función está mediada por otro sistema de enorme complejidad como el que representa la sociedad humana. Por todo ello, hay que ser muy prudentes a la hora de valorar el impacto de los descubrimientos de la neurociencia en la educación, tanto por lo que respecta a un determinado proceso de enseñanza y aprendizaje como al diseño de todo un sistema educativo.

Conviene recordar aquí que la pedagogía no es, como el resto de las ciencias sociales, una ciencia exacta que se pueda reducir a un sistema axiomático. Y, además, cuando entran en juego factores como la voluntad de los individuos y las necesidades humanas, mediadas por una enorme cantidad de satisfacciones y gustos, es prácticamente imposible buscar respuestas desde una explicación causal a los interrogantes que nos plantea continuamente la práctica pedagógica. Si ya en el mundo físico intervienen una cantidad tal de variables que ha restringido el alcance del determinismo a un cierto tipo de fenómenos, en el mundo humano es una tarea vana pretender alcanzar una comprensión sobre nuestro ser y hacer desde un enfoque reduccionista. La historia de cualquier disciplina científica es una serie de conjeturas y refutaciones en la que unas supuestas verdades han caído una tras otra. Si el pensamiento general se puede permitir

algunas licencias, el pensamiento científico, tanto el relativo a la naturaleza como a la sociedad, debería evitar cualquier expresión histriónica del tipo «esto siempre será así» o «esto jamás sucederá» o «esto jamás se encontrará». Así, en relación con nuestra comprensión del cerebro, tan solo en la última década se han hecho importantes descubrimientos que han falsado algunas convicciones y consensos que se creían incuestionables sobre la base de las evidencias empíricas obtenidas, como los relativos a la neurogénesis, la plasticidad cerebral, el incremento de las capacidades cognitivas a través de la experiencia y el aprendizaje y la capacidad de aprender nuevas habilidades e, incluso, recuperar las que hemos perdido a lo largo de toda la vida.

En relación con la educación, uno puede pensar que la falta de prudencia que han manifestado algunos científicos al tomar como verdades las conclusiones de su investigación, sin considerar críticamente las deficiencias del procedimiento experimental o del análisis estadístico que se ha utilizado, o bien al precipitarse en su extrapolación, no se encuentra entre los pedagogos y los educadores al suponer que al tratar con niños y jóvenes se tiene un especial cuidado a la hora de incorporar principios y teorías. Sin embargo, uno de los pecados capitales de la profesión docente ha sido la falta de sentido crítico a la hora de analizar su práctica profesional. Y es habitual encontrar entre los maestros y profesores adhesiones a propuestas pedagógicas que confirman sus prejuicios y creencias, sin haber comprobado su validez con los alumnos. Así, cuando irrumpen una tendencia o se impone una moda, como sucede hoy en día con la neurociencia educacional o neuroeducación, se llegan a interpretar de forma sesgada algunas conclusiones y a aplicar al aula una serie de técnicas y métodos de enseñanza aparentemente fundamentados en la investigación neurocientífica, cuando en verdad se comete un abuso en la interpretación de algunos de sus resultados, y se originan de este modo los llamados neuromitos. Un caso paradigmático lo encontramos en el efecto Mozart, analizado en este libro, en el que a partir de un artículo científico de una sola página (el estudio de Rauscher publicado en 1993) se generó una corriente de opinión con una enorme repercusión en los programas educativos comercializados para los bebés y en las programaciones académicas y refuerzos escolares de los parvularios y de las escuelas infantiles, cuya publicidad engañosa e ineficacia en la pedagogía musical solo se denunció y se desmintió recientemente.

Para valorar el impacto de los neuromitos entre los docentes, es ilustrador el cuestionario que se encuentra en el estudio de 2012 de S. Dekker, N. C. Lee, P. Howard-Jones y J. Jolles, «Neuromyths in education: prevalence and predictors of misconceptions among teachers» (publicado en *Frontiers in Psychology*, 3, p. 429), en el marco de una investigación sobre la presencia de neuromitos entre los profesores de primaria y secundaria de Gran Bretaña y los Países Bajos, especialmente interesados en la neuroeducación, en la que se preguntó sobre los quince neuromitos más populares.⁹

Lo que más llama la atención de este cuestionario y es motivo de preocupación es que:

- El promedio de la muestra (exactamente el 49 %) compuesta por 242 profesores creía en los neuromitos, en particular los relacionados con los programas educativos

comercializados, como, por ejemplo, el Brain Gym analizado también en este libro, y que siete de los quince neuromitos apuntados en el cuestionario eran creídos por más de la mitad de los profesores.

- Las diferencias de la prevalencia de los neuromitos por países se debe al éxito en la comercialización de programas educativos basados en el cerebro (mayor en Gran Bretaña que en los Países Bajos).
- Cuanto más alto era el nivel de conocimiento general sobre el cerebro, más aumentaba la creencia en los neuromitos.
- A los mismos profesores que manifestaban un mayor interés y entusiasmo en aplicar en las aulas los descubrimientos en neurociencia les resultaba difícil distinguir una creencia pseudocientífica de un hecho científico.

Estos resultados deben servirnos para tomar conciencia de las interpretaciones incorrectas de las investigaciones neurocientíficas y de la mala praxis docente que supondría querer utilizar unas simples ocurrencias. Los autores de este libro hemos querido aportar un granito de arena más en la clarificación de esta cuestión de los neuromitos, que hemos analizado al entender que es necesario facilitar una información rigurosa desde un enfoque crítico para reducir la presencia de los neuromitos entre los profesores. En este sentido, en el libro hemos analizado algunos de los neuromitos más populares:

- En el capítulo 2, que las personas aprenden mejor cuando reciben información en su estilo de aprendizaje preferido (por ejemplo, auditivo, visual o cenestésico).
- En el capítulo 3, que los ambientes ricos en estímulos cognitivos mejoran los cerebros de los niños, sobre todo en edad preescolar.
- En el capítulo 4, que las diferencias en la dominancia hemisférica (cerebro izquierdo, cerebro derecho) pueden ayudar a explicar las diferencias individuales entre los alumnos.
- En el capítulo 8, que solo utilizamos el 10 % de nuestro cerebro.
- En el capítulo 11, que sesiones cortas de ejercicios de coordinación pueden mejorar la integración de la función cerebral hemisférica izquierda y derecha.

Otros neuromitos que no analizamos en el libro y que tienen una influencia negativa en la educación son, como se destaca en el estudio citado, las creencias que:

- Hay periodos críticos en la infancia después de los cuales ciertas habilidades ya no pueden ser aprendidas.
- Los niños deben adquirir su lengua materna antes de la adquisición de un segundo idioma. Si esto no sucede, tampoco adquirirán una plena competencia en su lengua materna.
- Problemas de aprendizaje asociados con las diferencias de desarrollo en la función cerebral no pueden ser remediatados por la educación.

Toda elección siempre tiene un componente de subjetividad y, en nuestro caso, hemos preferido abordar otra serie de aspectos de la educación que podrían generar nuevos neuromitos si no se analizan con rigor y sentido crítico. Así, en el capítulo 1 analizamos las materias cuyo aprendizaje se priorizan desde las investigaciones neurocientíficas en la medida que potencian el desarrollo integral de nuestras capacidades cognitivas; en el capítulo 5, el sentido numérico innato obviado en la pedagogía constructivista piagetiana; en el capítulo 6, los factores que favorecen o dificultan el aprendizaje más eficaz en las aulas; en el capítulo 7, el sistema dopaminérgico que conviene activar en los procesos de aprendizaje para garantizar su éxito; en el capítulo 9, la importancia del sueño en el aprendizaje y la memoria; en el capítulo 10, otro neuromito consistente en la creencia de que la audición pasiva de cierta música de Mozart aumenta el coeficiente intelectual de los niños, y finalmente en el capítulo 12 se analiza la importancia de la imaginación y la creatividad como un recurso imprescindible en la relación enseñanza-aprendizaje.

La existencia de todos estos neuromitos entre los profesores, incluso entre aquellos que siguen procesos de formación, justifica la preocupación sobre su impacto en la educación. Sobre todo cuando, como hemos apuntado más arriba, es precisamente entre los profesores con mayor conocimiento general sobre el cerebro y más interesados en la neuroeducación donde encontramos la mayor prevalencia en la creencia de los neuromitos. De ahí la necesidad de un estudio sobre el tema como el que recoge este libro. No obstante, la superación de tales falsas creencias no se conseguirá tan solo con una mayor objetividad de la información que manejen los profesores interesados en la neuroeducación, sino también con una colaboración más estrecha y continua entre los neurocientíficos, por una parte, y por otra parte, los pedagogos y los educadores, informándose unos a otros para hacer posible con ello el progreso de la educación. Los autores del libro participamos de esta propuesta y tratamos de favorecer procesos educativos sustentados desde las neurociencias. Esperamos que la lectura les haya resultado de interés y de diálogo con su práctica educativa. Seguiremos aprendiendo, seguiremos compartiendo.

FÉLIX PARDO

1. <<http://www.oecd.org/pisa/aboutpisa/pisaenespaol.htm>>
2. <<http://gigantesdelaeducacion.com/asi-es-el-movimiento-ensenar-menos-aprender-mas-de-singapur/>>
3. <<http://gigantesdelaeducacion.com/horarios-cuanto-mas-mejor/>>
4. <<http://www.lavanguardia.com/lacontra/20111223/54243263213/ingernenkvist-de-un-buen-profesor-no-te-olvidas-jamas.html>>
5. <<http://www.zemos98.org/eduex/spip.php?article133>>
6. <[http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisainfocus/PIF-51\(eng\)-FINAL.pdf](http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisainfocus/PIF-51(eng)-FINAL.pdf)>
7. En la entrada «Mozart effect» de Wikipedia (http://en.wikipedia.org/wiki/Mozart_effect) podemos leer una breve crónica de este sesgo e instrumentalización en algunos periodistas, gobernadores y directivos de empresas de Estados Unidos. Por lo que respecta al impacto político del efecto Mozart, cabe destacar aquí dos hechos. El gobernador de Georgia Zell Miller presentó un proyecto de ley en 1998 por el que se dotaba de un presupuesto de 105.000 dólares anuales para regalar a cada recién nacido un CD de música clásica. Y en el mismo año, el gobierno del estado de Florida aprobó una ley que emplazaba a las guarderías financiadas con fondos públicos a escuchar al menos una hora de música clásica cada día.
8. Ver <<http://www.quavermusic.com/Default.aspx>>.
9. Disponible en inglés en internet en <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3475349/>>. En otros países, un estudio posterior puede encontrarse en el artículo de Howard-Jones, P. (2014), «Neuroscience and education: myths and messages», *Nature Reviews Neuroscience*, 15.

Su opinión es importante.

En futuras ediciones, estaremos encantados de recoger sus comentarios sobre este libro.

Por favor, háganoslos llegar a través de nuestra web:

www.plataformaeditorial.com

Los patitos feos y los cisnes negros

Resiliencia y neurociencia

Jordi Grané y Anna Forés

Plataforma
Actual



Sobre la resiliencia generativa
o el arte de generar oportunidades
desde la incertidumbre

Los patitos feos y los cisnes negros

Grané, Jordi

9788417622428

168 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Diez años después de *La resiliencia*, Jordi Grané y Anna Forés exploran nuevamente este término a la luz de los más recientes estudios en neurociencia. En *Los patitos feos y los cisnes negros*, los autores analizan la resiliencia concebida como un desafío vital repleto de fragilidad, belleza, altibajos y plenitud. Basándose en la ciencia, la ética e incluso la espiritualidad, esta obra invita al lector a trabajar su capacidad de adaptación e ir siempre un paso más allá.

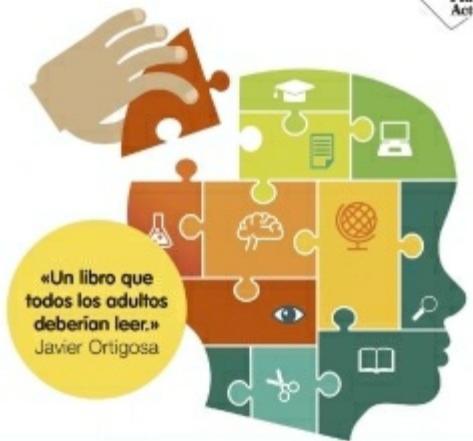
[Cómpralo y empieza a leer](#)

El cerebro del niño explicado a los padres

Dr. Álvaro Bilbao

Autor de *Cuida tu cerebro*

Plataforma
Actual



«Un libro que
todos los adultos
deberían leer.»
Javier Ortigosa

Cómo ayudar a tu hijo a desarrollar
su potencial intelectual y emocional

El cerebro del niño explicado a los padres

Bilbao, Álvaro

9788416429578

296 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Cómo ayudar a tu hijo a desarrollar su potencial intelectual y emocional.

Durante los seis primeros años de vida el cerebro infantil tiene un potencial que no volverá a tener. Esto no quiere decir que debamos intentar convertir a los niños en pequeños genios, porque además de resultar imposible, un cerebro que se desarrolla bajo presión puede perder por el camino parte de su esencia. Este libro es un manual práctico que sintetiza los conocimientos que la neurociencia ofrece a los padres y educadores, con el fin de que puedan ayudar a los niños a alcanzar un desarrollo intelectual y emocional pleno. "Indispensable. Una herramienta fundamental para que los padres conozcan y fomenten un desarrollo cerebral equilibrado y para que los profesionales apoyemos nuestra labor de asesoramiento parental."LUCÍA ZUMÁRRAGA, neuropsicóloga infantil, directora de NeuroPed "Imprescindible. Un libro que ayuda a entender a nuestros hijos y proporciona herramientas prácticas para guiarnos en el gran reto de ser padres. Todo con una gran base científica pero explicado de forma amena y accesible."ISHTAR ESPEJO, directora de la Fundación Aladina y madre de dos niños "Un libro claro, profundo y entrañable que todos los adultos deberían leer."JAVIER ORTIGOSA PEROCHENA, psicoterapeuta y fundador del Instituto de Interacción "100% recomendable. El mejor regalo que un padre puede hacer a sus hijos."ANA AZKOITIA, psicopedagoga, maestra y madre de dos niñas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Reinventarse

Tu segunda oportunidad

Dr. Mario Alonso Puig



21^a
edición ampliada

Traducido a 13 idiomas

Más de 100.000
ejemplares vendidos
en España

¿Qué te atreverías a hacer si supieras
que no puedes fallar?

Reinventarse

Alonso Puig, Dr. Mario

9788415577744

192 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

El Dr. Mario Alonso Puig nos ofrece un mapa con el que conocernos mejor a nosotros mismos. Poco a poco irá desvelando el secreto de cómo las personas creamos los ojos a través de los cuales observamos y percibimos el mundo.

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Vivir la vida con sentido

Actitudes para vivir con
pasión y entusiasmo

Victor Küppers



Solo se vive una vez, pero una vez es
suficiente si se hace bien

Vivir la vida con sentido

Küppers, Victor

9788415750109

246 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Este libro pretende hacerte pensar, de forma amena y clara, para ordenar ideas, para priorizar, para ayudarte a tomar decisiones. Con un enfoque muy sencillo, cercano y práctico, este libro te quiere hacer reflexionar sobre la importancia de vivir una vida con sentido. Valoramos a las personas por su manera de ser, por sus actitudes, no por sus conocimientos, sus títulos o su experiencia. Todas las personas fantásticas tienen una manera de ser fantástica, y todas las personas mediocres tienen una manera de ser mediocre. No nos aprecian por lo que tenemos, nos aprecian por cómo somos. Vivir la vida con sentido te ayudará a darte cuenta de que lo más importante en la vida es que lo más importante sea lo más importante, de la necesidad de centrarnos en luchar y no en llorar, de hacer y no de quejarte, de cómo desarrollar la alegría y el entusiasmo, de recuperar valores como la amabilidad, el agradecimiento, la generosidad, la perseverancia o la integridad. En definitiva, un libro sobre valores, virtudes y actitudes para ir por la vida, porque ser grande es una manera de ser.

[Cómpralo y empieza a leer](#)

VENDER COMO CRACKS

Técnicas prácticas y eficaces
que no utilizan los merluzos



Victor Küppers
Autor de *Vivir la vida con sentido*

Para vender, o enamoras o eres barato

Vender como cracks

Küppers, Victor

9788417002565

208 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

La venta es una profesión maravillosa, absolutamente fantástica. Difícil, complicada, con frustraciones, solitaria, pero llena también de alegrías y satisfacciones que compensan sobradamente esa parte menos bonita. Este libro intenta ayudar a motivar, a ilusionar, a disfrutar con el trabajo comercial. Es un ámbito en el que hay dos tipos de profesionales: los cracks y los chusqueros; los que tienen metodología, los que se preparan, los que se preocupan por ayudar a sus clientes, por un lado, y los maleantes, los colocadores y los enchufadores, por otro. He pretendido escribir un libro que sea muy práctico, útil, aplicable, simple, nada complejo y con un poco de humor, y explico sin guardarme nada todas aquellas técnicas y metodologías de venta que he visto que funcionan, que dan resultado. No es un libro teórico ni con filosofadas, es un libro que va al grano, que pretende darte ideas que puedas utilizar inmediatamente. Ideas que están ordenadas fase a fase, paso a paso.

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Índice

Portada	2
Créditos	3
Índice	4
Prólogo, de Pere Estupinyà	5
Introducción, de Anna Forés	8
1. ¿Qué materias son las importantes?, por Jesús C. Guillén	11
2. Aprender por todos los canales, por Jesús C. Guillén y Marta Ligioiz	27
3. Rutinas y asombros. ¿Aprendemos solo de la novedad?, por Anna Forés y Teresa Hernández	39
4. Dos hemisferios, dos mentes: ¿dos estilos de aprendizaje?, por Anna Forés	50
5. Y ¿si Piaget se equivocara con las matemáticas?, por Jesús C. Guillén	61
6. Más es menos. Cuantas más horas estamos en la escuela, ¿más aprendemos?, por Anna Forés y Carme Trinidad	80
7. La educación, una cuestión muy seria. Una mirada hacia la dopamina, por Marta Ligioiz	91
8. ¿Utilizamos solo el 10 % de nuestro cerebro?, por José Ramón Gamo y Carme Trinidad	106
9. El sueño: una dulce necesidad cerebral, por Jesús C. Guillén	117
10. El efecto Mozart, por Félix Pardo	132
11. La gimnasia cerebral, por Jesús C. Guillén	149
12. La imaginación, ¿elemento secundario en educación?, por Marta Ligioiz	164
Conclusiones, de Félix Pardo	180
Notas	184
Colofón	185