

Nuevas evidencias neurobiológicas ayudan a comprender el funcionamiento del cerebro en la producción de aprendizajes. A las intuiciones prácticas de muchos profesores y los resultados de investigaciones psicológicas durante el siglo XX, se añaden en las últimas décadas resultados de investigaciones biológicas sobre la forma en que se generan los aprendizajes y las memorias en este órgano. La confluencia de todas estas aportaciones puede proporcionar a la didáctica bases de gran solidez para el análisis e investigación de problemas de la enseñanza y para la generalización de estrategias docentes con una mejor fundamentación científico-didáctica y mayor éxito educativo.

PALABRAS CLAVE: *Neurobiología; Neuro-didáctica; Enseñanza; Memoria; Aprendizaje.*

MONOGRAFÍA

## Cerebro, memoria y aprendizaje: aportaciones de la neurobiología a la didáctica y a la práctica de la enseñanza

pp. 19-29

Pedro Cañal de León\*

Universidad de Sevilla

19

Los avances en el conocimiento del cerebro y su funcionamiento están aportando nuevas evidencias que no sólo no pueden ser ignoradas por la investigación didáctica y el profesorado, sino que han de formar parte del núcleo central de los fundamentos de la educación. En este sentido, se empieza a hablar de la *neuroeducación* o de la *psicobiología de la educación* para hacer referencia a la incorporación de las aportaciones de la neurobiología a las ciencias de la educación.

Para nosotros, la principal aportación de la neurobiología a las ciencias de la educación es la fundamentación científica que proporciona sobre el funcionamiento molecular, celular y

como órgano de nuestro cerebro, la estructura biológica en la que se producen los procesos cognitivos del aprendizaje, la formación de patrones cognitivos, el recuerdo, el olvido, la curiosidad, la exploración, la planificación, la atención, el juego, la comprensión, la imitación, etc. Y es indudable que estos nuevos conocimientos sobre el funcionamiento del cerebro van a resultar fundamentales para la orientación, planificación y ejecución de las dinámicas de enseñanza y aprendizaje.

Los hallazgos que se exponen en lo que sigue son el fruto de investigaciones científicas rigurosas, que se añaden a las aportadas anteriormente por las demás ciencias de la educa-

\* Correo electrónico: pcanal@us.es

ción y por las propuestas surgidas de las aulas, basadas en intuiciones y fundamentos ideológicos y prácticos, también de gran relevancia. Se tratará aquí, por tanto, de exponer en forma sucinta, pero adecuada para la divulgación entre el profesorado, las que consideramos como principales contribuciones de la neurociencia en este ámbito, y su incidencia en algunos aspectos relevantes del cuerpo teórico de la didáctica. En la fundamentación realizada tienen una especial relevancia las aportaciones de investigadores y divulgadores como Morgado (2011, 2014), Mora (2013), Hawkins y Blakeslee (2005), Guillén (2012), Blakemore y Uta (2011) y Howard-Jones (2011).

Pese a que el cerebro ha sido un órgano bastante inescrutable para la ciencia hasta tiempos relativamente muy cercanos, cuando ha dejado de ser una “caja negra” de la que tan sólo podían observarse sus *inputs* y *outputs*, la psicología ha elaborado una rica teorización al respecto, a partir de esas observaciones, y el conjunto de las ciencias de la educación, como decíamos, han ido proponiendo un amplio conjunto de inferencias, teorías y prescripciones sobre aspectos como la inteligencia y el desarrollo intelectual (no puede olvidarse al respecto la enorme aportación de autores como Piaget, Vigotsky y otros) la motivación, el aprendizaje y la enseñanza que han fundamentado, junto con la reflexión profesional sobre la práctica en el aula, las fecundas iniciativas de innovación y mejora de la actividad docente.

Pero en ese mismo período se han ido desarrollando y difundiendo un conjunto de mitos o concepciones cotidianas sobre el cerebro y su funcionamiento (Howard-Jones, 2011; Guillén, 2012) que es necesario matizar o desmentir con claridad, pues la influencia de algunas de ellas en las aulas puede ser muy negativa. Con este fin hemos seleccionado un conjunto de estas concepciones generalizadas, que enumeramos y tratamos después de contrastar en la exposición que se hace sobre el conocimiento neurobiológico actual que es de interés para la didáctica y la práctica de la enseñanza. Son las siguientes:

- Sólo utilizamos el 10% del cerebro.
- Usamos un hemisferio cerebral más que otro. Nuestra personalidad depende del mayor o menor uso de uno u otro hemisferio cerebral.
- El hemisferio izquierdo es lógico y analítico y el derecho creativo. La creatividad reside en el hemisferio derecho del cerebro.
- El tamaño del cerebro determina la inteligencia.
- El alcohol mata las neuronas.
- El cerebro está inactivo mientras dormimos.
- El cerebro funciona como un ordenador.
- Estereotipos basados en diferencias entre el cerebro del hombre y el de la mujer.
- Al envejecer perdemos muchas neuronas. El cerebro ya no puede aprender en la vejez.
- Los genes constituyen el principal factor que determina la estructura y funcionamiento del cerebro de cada persona. Nacemos con un coeficiente intelectual determinado y este ya no cambia durante toda la vida.
- Un golpe fuerte en la cabeza puede curar la amnesia

Los recientes avances de la neurociencia proporcionan nuevas evidencias cognitivas bien contrastadas que refutan o matizan las ideas anteriores y que, por otra parte, vienen a profundizar y con frecuencia a ratificar, como se verá en lo que sigue, algunas de las más sólidas ideas de la innovación e investigación didáctica anterior.

No obstante, es palpable que el gran impacto potencial de estos nuevos fundamentos en la innovación y la práctica docente es aún escaso.

Atendiendo, pues, a la necesidad de divulgación, hemos tratado en este trabajo de seleccionar un conjunto de aportaciones de la neurobiología que creemos importantes para la didáctica, expresándolas en forma de principios didácticos a tener en cuenta en nuestro trabajo profesional.

## **El cerebro de cada persona se desarrolla gradualmente a lo largo de toda la vida, en función del genoma y del ambiente**

Existe, al mismo tiempo, una arquitectura básica común a todos los cerebros y una gran diversidad anatómica y funcional, igual que en el caso de cualquier otra estructura corporal. Hay, por ejemplo, un volumen medio del cerebro que es característico de nuestra especie, pero también diferencias individuales notables. Igual ocurre con el “cableado” básico entre las neuronas de las distintas zonas del cerebro, que posee características comunes y también diversidad entre distintas personas y géneros. Y pasa lo mismo con el resto de los aspectos funcionales del cerebro que podamos considerar, destacando la diversidad existente en cuanto a rasgos emocionales, capacidad de memoria, velocidad de procesamiento y respuesta a estímulos, creatividad, etc.

Pero el cerebro es también un órgano especialmente plástico, dinámico y susceptible de experimentar cambios importantes: en el número y funcionamiento de las neuronas y demás células que lo conforman; en las conexiones que se establecen entre éstas; en la especialización de áreas determinadas en unas u otras funciones; en la bioquímica de las funciones nerviosas, etc. Muchos de estos cambios son secuenciales y característicos de determinados períodos del desarrollo biológico, pero otros son constantes y forman parte de la misma esencia de las funciones cognitivas del cerebro. Es así, por ejemplo, en el caso de la formación y eliminación de estructuras como las neuronas, las espinas dendríticas, los axones y las conexiones sinápticas, en relación con los procesos de memorización y aprendizaje.

El cerebro tiene, pues, un desarrollo anatómico típico, ligado a la edad y el género, que proporciona, salvo patologías, las bases para un adecuado funcionamiento en cada edad y situación vivida. Pero sus estructuras experimentan, como hemos dicho, cambios continuos en interacción con el entorno, relaciona-

dos con el aprendizaje y la memorización. En esta dinámica, se producen períodos sensibles y óptimos para la realización de ciertos cambios y aprendizajes. Ello es lo que explica, por ejemplo, que los niños con privación social (los “niños salvajes”) o sensorial tengan enormes dificultades para aprender el lenguaje u otras conductas cuando salen de esa situación; que el bilingüismo se consiga con particular facilidad y nivel de logro cuando se desarrolla en la primera infancia, coincidiendo con el aprendizaje de la lengua materna. O que los adolescentes tengan una mayor posibilidad de experimentar formas de razonamiento formal que los niños de menor edad, aún cuando aún no suelen poseer el desarrollo cerebral necesario para lograr una buena percepción de las situaciones de riesgo.

## **La inteligencia se desarrolla; no es simplemente una capacidad innata del individuo**

La inteligencia ha sido definida frecuentemente por sus manifestaciones conductuales. De esta forma, se vería en forma tautológica como la capacidad personal de tener conductas inteligentes. Pero para autores como Hawkins y Blakeslee (2005), es preciso disponer de una aproximación a lo que es la inteligencia referida al propio funcionamiento del cerebro: *“El cerebro emplea enormes cantidades de memoria para crear un modelo del mundo. Todo lo que conoces y has aprendido se almacena en este modelo. El cerebro usa dicho modelo basado en la memoria para efectuar predicciones continuas sobre acontecimientos futuros. La capacidad para efectuar predicciones sobre el futuro constituye el quid de la inteligencia”*(pp.16)

Aceptando que determinadas características del cerebro están genéticamente determinadas y pueden proporcionar a las personas un determinado perfil emocional o cierta capacidad intelectual básica, la gran plasticidad de este órgano permite la existencia de procesos de cambio como la neurogénesis, la modifica-

ción de circuitos neuronales y de cableado axonal, así como, en consecuencia, la existencia de procesos de desarrollo emocional e intelectual en cada sujeto. Cambios que se producen en relación con la edad y con el tipo de experiencias, interacciones y tareas de toda índole que realice cada persona en sus diferentes etapas y contextos vivenciales: familia, escolarización, amistades, hábitos, aficiones personales, etc.

Este hecho no puede ser obviado en el ámbito escolar y, por el contrario, todo profesor debe evitar sin excepciones la asignación de etiquetas estáticas alusivas a las características personales de sus alumnos. Y, por el contrario, contribuir activamente a su desarrollo integral, privilegiando en su enseñanza los tipos de tareas, actividades y secuencias docentes que sean óptimas para esta finalidad.

### **Aprender y memorizar implica construir relaciones específicas entre neuronas y, desde otra perspectiva, entre patrones neuronales de representación de la realidad**

El aprendizaje involucra cambios en el cerebro que producen variaciones duraderas en la conducta de un ser vivo, permitiéndole adaptarse a las alteraciones que se producen en su entorno. Todo lo que aprendemos es retenido más o menos tiempo en el cerebro mediante lo que llamamos memoria.

Los órganos sensoriales captan los cambios que se producen y originan señales nerviosas, denominadas potenciales de acción, que se dirigen al cerebro. Aunque hay diversos órganos sensoriales especializados, todos ellos producen lo que también denominan algunos autores “patrones”, todos ellos codificados según el mismo código, que se dirigen a la corteza cerebral. Como subrayan Hawkins y Blakeslee (2005), *“nuestra corteza cerebral no conoce ni siente el mundo de forma directa. Lo único que conoce es el patrón que llega en los axones de entrada. Nuestra visión percibida del mundo se crea en estos patrones, incluido nuestro senti-*

*miento de uno mismo”*. Así, la corteza cerebral va construyendo un modelo de la realidad basado en patrones que no es sólo instantáneo, sino que se puede retener en la memoria, por medio de conexiones entre neuronas y formación de circuitos neuronales de mayor o menor complejidad, relacionados a su vez con otros circuitos.

Así pues, el aprendizaje implica, en primer lugar, la llegada a la corteza cerebral de patrones que inmediatamente son comparados con los anteriormente memorizados y reconocidos, en su caso, por algunos de sus rasgos. Es así como, por ejemplo, interpretamos un tren de patrones visuales aferentes como pertenecientes a la representación memorizada del objeto “mesa”, o los patrones olfativos característicos de un determinado alimento que hemos tenido ocasión de percibir y memorizar anteriormente. Nuestro cerebro realiza constantemente predicciones sobre los patrones que recibe. *“Lo que percibimos .../... no proviene únicamente de nuestros sentidos .../... es una combinación de lo que apreciamos y de las predicciones de nuestro cerebro derivadas de la memoria”* (Hawkins y Blakeslee, 2005, pp. 107).

Aprender algo exige, en general, el inicio, fortalecimiento y consolidación de nuevas memorias o conexiones neuronales ante patrones aferentes, así como el establecimiento de relaciones con los circuitos anteriormente existentes en el cerebro y, con frecuencia, la supresión de algunas conexiones y circuitos. Los nexos iniciales se producen en la corteza cerebral, donde se integran distintas informaciones sensoriales. Pero en estos procesos de aprendizaje también hay una intervención crucial de estructuras como el hipocampo, la amígdala y los ganglios basales. Para explicar, en síntesis, la compleja serie de eventos que se produce en la formación de las memorias, podemos recurrir a la excelente exposición que realiza Morgado (2014):

“Si, por ejemplo, se trata de asociar un nombre a la cara de una persona, lo primero que hacemos es percibir y representar ese nombre y esa cara en las áreas auditivas y visuales, respectivamente, de la corteza cerebral. Inmediatamente después, o quizás

al mismo tiempo y formando parte de un automatismo que tiene lugar siempre que aprendemos, esas áreas corticales activan simultáneamente el hipocampo originando en sus neuronas las nuevas espinas dendríticas y conexiones sinápticas que sirven de nexo o asociación entre los estímulos auditivos y visuales que dichas áreas cerebrales representan. Vemos entonces cómo los estímulos representados en diferentes áreas de la corteza cerebral quedan asociados entre sí indirectamente, a través del hipocampo, o también a través de otras estructuras subcorticales, como la amígdala. De este modo, lo que el hipocampo contiene y representa no son los propios estímulos asociados, sino una especie de índice del lugar de la corteza cerebral donde se encuentran representados. A la hora de recordar bastará con que percibamos uno de los dos estímulos, por ejemplo, la cara, para que a través del hipocampo se active el área de la corteza cerebral que evoca el nombre de la persona.” (pp. 47)

De esta forma, lo que acaba siendo general es que nuestro cerebro reconoce los nuevos patrones aferentes, aunque sean parciales, completándolos con las informaciones antes memorizadas. Es así, pues, cómo una información sensorial que nos llega es identificada e interpretada como alguna representación global que teníamos memorizada. La percepción fugaz de una boca, por ejemplo, puede ser reconocida como el rostro de nuestro amigo; un sonido lejano, como el tren o la tormenta que se aproxima; unas pocas notas musicales como una canción que conocemos.

El recuerdo reiterado de estas asociaciones hace que se refuercen las conexiones establecidas entre las distintas áreas de la corteza implicadas y se acaben formando nexos directos entre las mismas, con lo que deja de ser necesaria la mediación del hipocampo, de forma que la memoria de los patrones acaba instalándose en la propia corteza cerebral.

En el proceso de aprendizaje, la memoria a corto plazo permite retener una pequeña cantidad de información durante poco tiempo, mientras la memoria a largo plazo se produce por repetición o rememoración reiterada de las memorias a corto plazo. El ejemplo anterior se refiere a los procesos neuronales característicos en la formación de la memoria a largo plazo.

## Los procesos cognitivos son inseparables de las emociones

Si la inteligencia es la capacidad humana para reflexionar, comprender, reconstruir conocimientos y emplearlos para resolver problemas, las emociones son estados cerebrales inconscientes que tienen la función de contribuir a la protección y supervivencia individual y colectiva y que constituyen la puerta y el escenario afectivo en el que las capacidades cognitivas se ejercen. Esta idea supera las concepciones tradicionales sobre la existencia de una oposición entre las emociones y la razón (Damasio, 1994), y actualmente no hay duda sobre la interacción que existe en el comportamiento entre la actividad cognitiva y las emociones básicas de miedo, sorpresa, aversión-asco, ira, alegría y tristeza (Ekman y Friesen, 1971). La neurociencia ha mostrado que las emociones, entre ellas la curiosidad, resultan muy ubicuas y necesarias en los procesos de razonamiento y de toma de decisiones. Como expone Mora (2013),

La neurociencia enseña hoy que el binomio emoción-cognición es indisoluble, intrínseco al diseño anatómico y funcional del cerebro. Este diseño, labrado a lo largo de muchos millones de años de proceso evolutivo, nos indica que toda información sensorial, antes de ser procesada por la corteza cerebral en sus áreas de asociación (procesos mentales, cognitivos), pasa por el sistema límbico o cerebro emocional, en donde adquiere un tinte, un colorido emocional. Y es después, en esas áreas de asociación, en donde, en redes neuronales distribuidas, se crean los abstractos, las ideas, los elementos básicos del pensamiento.

Así, por ejemplo, ahora se sabe que en los estados emocionales mantenidos, de carácter estresante, la amígdala del sistema límbico dificulta la circulación de los impulsos nerviosos desde el hipocampo a la corteza frontal, entorpeciendo los procesos intelectuales. En cambio, las situaciones emocionales que generan estrés de baja intensidad parecen favorecer el aprendizaje (Morgado, 2014), en tanto que las emociones positivas, en general, facilitan la memoria y el aprendizaje (Erk, 2003), pues estas emociones hacen que la amígdala active otras partes del cerebro y se produzca la liberación de hormonas

que actúan sobre la misma amígdala, reforzando y amplificando su acción. Todo lo cual conduce a facilitar la formación y consolidación de memorias de los aspectos y experiencias que nos importan y nos emocionan.

También se ha visto corroborada la evidencia didáctica de que es más fácil aprender sobre temas que interesen y despierten la curiosidad. Así Gruber, Gelman y Ranganath (2014), utilizando imágenes de resonancia magnética funcional, investigaron cómo la curiosidad influye en la memoria, pudiendo establecer una clara relación positiva. El análisis de las imágenes obtenidas mostró que la actividad en el cerebro medio y el núcleo accumbens mejora durante los estados de alta curiosidad, lo que ratifica la importancia de promover en la enseñanza situaciones y experiencias que estimulen el interés y la curiosidad del alumnado, una motivación intrínseca que favorece notablemente el aprendizaje.

### **Lo atípico o inusual produce curiosidad y ésta potencia la atención y los procesos de investigación o indagación escolar**

Los estudios realizados muestran qué tipos de estímulos son los que suelen producir curiosidad: a) los más intensos; b) los más diferentes a los que se presentan simultáneamente; y c) los que resultan más novedosos al sujeto. La curiosidad e interés por algo genera atención, centramiento sensorial y mental en ello, así como actividades exploratorias. Esta reacción es común en aves y mamíferos y presenta un máximo desarrollo en los primates. Se trata de un mecanismo adaptativo que potencia, junto con otros rasgos neurobiológicos, la capacidad de aprendizaje.

Los mencionados Gruben, Gelman y Ranganath (2014) ponen de manifiesto, sobre los efectos de la curiosidad, que ésta *“pone al cerebro en un estado que nos permite aprender y retener cualquier clase de información, relacionada o no. En este estado, como si se tratara de una sumidero, el cerebro no sólo absorbe lo que*

*nos interesa sino que “succiona” además todos los datos que rodean a la materia de nuestro interés”*. Y es así porque la curiosidad produce liberación de dopamina, que moviliza hacia la investigación y búsqueda de respuestas o soluciones, al mismo tiempo que el hipocampo se activa en esas situaciones de interés por algo. A mayor interés o curiosidad, más facilidad para aprender y memorizar algo.

### **Dormir y soñar es fundamental para la consolidación de los aprendizajes**

El sueño es una característica biológica de enorme importancia en la formación y fortalecimiento de la memoria y en la integración de lo aprendido con adquisiciones anteriores. La consolidación de la memoria no depende sólo del uso reiterado y consciente de los circuitos neuronales que representan lo aprendido, sino que en su afianzamiento también es fundamental el proceso que ocurre mientras soñamos. Durante el sueño se origina una reactivación de lo aprendido, pero en forma inconsciente, de manera que se repiten en el hipocampo y la corteza cerebral, así como en otras estructuras como el tálamo y los núcleos estriados, los procesos que se ejecutaron inicialmente, con lo que se acrecienta la fortaleza de los aprendizajes y memorias implicadas.

Pero el sueño tiene además otra función positiva para el aprendizaje, puesto que durante el mismo se produce un restablecimiento general de la funcionalidad de las sinapsis, con lo que aumenta la capacidad de aprendizaje y memorización.

### **El ejercicio físico es muy importante para mejorar el aprendizaje**

El ejercicio físico proporciona al cerebro las mejores condiciones para aprender: aporta oxígeno y estimula la producción de sustancias necesarias para facilitar la interacción entre el lóbulo frontal y el lóbulo temporal medial, potenciando la memoria de trabajo y la cognición

ejecutiva que armonizan los procesos de atención, emociones y memoria.

El ejercicio físico tiene además un efecto epigenético, estimulando aspectos como: la producción de nuevas neuronas y sinapsis; la vascularización del cerebro; la memoria a largo plazo; la atención, mediante la producción de noradrenalina y dopamina; la mejora del estado de ánimo; y la reducción del estrés que obstaculiza el aprendizaje.

## **El juego y la alegría deben estar siempre presentes en las aulas**

El juego es una conducta genéticamente determinada y especialmente desarrollada en los mamíferos. El impulso y la necesidad de jugar se origina en el cerebro y las áreas que participan en su regulación neuronal son diversas. Por una parte interviene el área parafascicular y el núcleo posterior talámico, que son las primeras que reciben la información sensorial. Pero el sistema límbico (la amígdala, la base de la estría terminal y el núcleo accumbens) parece ser la estructura principal en la regulación del juego; y son precisamente los circuitos neuronales del sistema límbico los principales responsables de la capacidad de aprender a partir de las experiencias.

El juego tiene una importancia crucial en los niños y jóvenes, ya que facilita la socialización, enciende la atención, despierta la curiosidad, estimula los circuitos neuronales del placer y promueve el aprendizaje de capacidades y destrezas físicas y cognitivas necesarias para la vida. En nuestra especie, los circuitos nerviosos innatos nos impulsan a aprender jugando y la enseñanza tiene que hacerse eco de ello, pero no sólo en la educación infantil. No hay nada más penoso que empezar la primaria oyendo, como ocurre con demasiada frecuencia, que “el juego ha terminado, ahora toca trabajar”.

En definitiva, la liberación de dopamina que produce el juego, en todos los niños, pero también en adolescentes y adultos, genera placer y alegría, facilita el flujo de la información entre el hipocampo y la corteza prefrontal y todo ello refuerza la función de la memoria de trabajo y el aprendizaje.

## **La cooperación y la interacción comunicativa son muy importantes para el aprendizaje**

Decíamos que el juego facilita la socialización de los niños, con lo que implica de actividad de cooperación, comunicación y aprendizaje. Pero es que, además, nuestra especie, como otras muchas, es genéticamente social. Nacemos y nos criamos en un núcleo social y nuestro cerebro se desarrolla en interacción comunicativa permanente con los cerebros de otras personas.

Junto al juego, una actividad intrínsecamente cooperadora, nuestro cerebro dispone también de otro recurso esencial que impulsa la relación social y la cooperación: las llamadas neuronas espejo, que nos permiten compartir las conductas y emociones de los demás y tienen por ello una gran importancia en el aprendizaje por imitación y en el desarrollo de la empatía.

Se ha comprobado al respecto que cuando se está colaborando en una actividad grupal o colectiva, se produce un aumento en la liberación de dopamina, lo que facilita la circulación de información entre el sistema límbico y el lóbulo frontal, con lo que se amplía la posibilidad de aprendizajes que generen memoria permanente. En el aula, en consecuencia, las tareas en equipo y el intercambio comunicativo entre iguales, son opciones metodológicas imprescindibles en gran parte de las estrategias de enseñanza y aprendizaje.

## **Las artes, y en particular la música, potencian el desarrollo intelectual**

Se ha comprobado que la educación musical y en otras áreas artísticas mejoran la capacidad intelectual. Y que cuando la actividad musical, por ejemplo, es extensa en el tiempo y en intensidad, su influjo positivo se extiende a otros campos como la geometría y la habilidad espacial. En una investigación con niños (Wandell et al. 2008) se observaron estos procesos de transferencia. En concreto, se constató la pro-

ducción de cambios notables y positivos en la capacidad de atención, memoria, análisis de información y razonamiento, en el contexto de las actividades de resolución de problemas lingüísticos. Todo lo cual sugiere que la actividad musical, sobre todo cuando incluye el aprendizaje de algún instrumento, contribuye fuertemente al desarrollo intelectual y de las funciones específicas del cerebro.

## El bilingüismo tiene muchas ventajas cognitivas

En esta selección de aportaciones efectuadas por la investigación neurobiológica, también se ha constatado que la inmersión temprana en dos o más lenguas proporciona a la persona claros beneficios cognitivos. Parece ser que el cambio frecuente de lengua en la interacción cotidiana exige al cerebro habituarse a realizar tareas que proporcionan, según Morgado (2014), mayor capacidad de cognición ejecutiva y protección contra la neurodegeneración en los mayores.

## Implicaciones didácticas

Todo lo anteriormente expuesto debe tener una fuerte repercusión en la reflexión didáctica y las propuestas de intervención de ahí derivadas, así como en la práctica docente. Creemos especialmente relevantes las implicaciones que siguen.

### *Sobre las metas de enseñanza y aprendizaje*

Al plantearnos las metas de la educación formal hay que tener en mente, entre otras muchas aportaciones, una idea expresada por Einstein en su momento: “La educación es lo que queda cuando a uno se le olvida lo que ha aprendido”. Lo que quiere decir esta frase en la actualidad, como manifiesta Morgado (2014), es que los cambios que produce la enseñanza en el cerebro del que aprende no siempre son conspicuos e inmediatamente perceptibles.

De hecho, a su juicio, con frecuencia son muy valiosos los aprendizajes de los que no somos conscientes en un momento dado, ya que estos conocimientos implícitos son, por su naturaleza, muy resistentes al olvido y sólo se manifestarán cuando alguna nueva situación que vivamos los movilicen. Tienen este carácter implícito, por ejemplo, todos los automatismos que nos permiten, en la vida diaria, acciones como conducir un coche, abrocharnos los botones, andar, mantener el equilibrio en una bicicleta, escribir en un teclado, atar los cordones de los zapatos, hacer una operación matemática básica, etc.).

La ventaja de este tipo de aprendizajes, cuando están bien consolidados, es que la memoria que los codifica se expresa automáticamente, y puede ser requerida sin esfuerzo en el curso de tareas de aprendizaje o en la implementación de conductas complejas, ya que este tipo de memoria implícita deja más espacio libre en la memoria de trabajo, lo que facilita la reflexión (Willingham, 2011). En el desarrollo de estas memorias implícitas tienen también utilidad algunas actividades frecuentes en la escuela tradicional, como los dictados, la realización de resúmenes o la memorización automática de algunas informaciones básicas, ya que estos aprendizajes pueden facilitar el razonamiento posterior: algunas reglas de ortografía, fechas históricas, datos geográficos o anatómicos. Estas adquisiciones se logran fundamentalmente por repetición y son útiles a menudo en razonamientos complejos posteriores. Pero es necesario hacerlo procurando promover estos aprendizajes mediante el uso frecuente de estas informaciones en el curso de actividades y tareas de por sí motivadoras, y en forma semejante a como lo hacemos en la vida cotidiana, que es el contexto en el que se genera la mayor parte de nuestros más sólidos aprendizajes.

Respecto a los contenidos, que conviene considerar como el conjunto de todas las informaciones que se ponen en juego en la enseñanza para la construcción de los aprendizajes perseguidos, es obvio que resulta necesario evitar el centramiento en contenidos académicos abstractos, descontextualizados, irrelevantes

y prefabricados con la pretensión de que sean memorizados directamente. Todo apunta a que este tipo de informaciones muy difícilmente puede conectar con el saber previo y los intereses de la mayor parte del alumnado, de forma que su presencia provoca un descenso vertiginoso de la atención del alumnado y de ahí, en cadena, el aburrimiento, la ausencia de curiosidad y ganas de saber, todo lo cual conduce a obstaculizar o impedir la posibilidad de lograr aprendizajes valiosos; es decir, que sean significativos, integrados y funcionales en la vida cotidiana.

Es importante, por todo lo anterior, promover y potenciar en el alumnado escolar, y también en la formación del profesorado, la construcción de aprendizajes implícitos y explícitos que sean valiosos para la ejecución de las propias tareas de aprendizaje, como son las capacidades y hábitos relacionados con el desarrollo de la curiosidad, el planteamiento de interrogantes, el deseo y necesidad de comprender, la actitud crítica, el centramiento de la atención durante tareas de observación, escucha, lectura y reflexión, así como la apertura a nuevas ideas, procedimientos y actitudes. Todo ello en relación con secuencias de enseñanza diseñadas para ayudar al alumnado a relacionar, comparar, debatir y comprender los contenidos trabajados, construyendo a partir de ellos, y en cooperación, los aprendizajes personal y socialmente relevantes.

### ***Sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje***

En primer lugar, los resultados de la investigación neurobiológica antes expuestos aportan importantes sugerencias acerca del clima de aula idóneo para la enseñanza. Si el ambiente didáctico viene dado por las decisiones adoptadas respecto a las relaciones de poder, afectivas y comunicativas que se establecen en la clase, habrá que conseguir que en éstas no estén presentes las dinámicas autoritarias que impiden que el aprendizaje se produzca en el ambiente afectivo y lúdico que es necesario para estimular la curiosidad y la cooperación. Como indi-

ca Mora (2013) *“los niños hoy aprenden, desde muy pronto, conceptos abstractos en habitaciones con ventanales sin mucha luz o luz artificial, con el rigor y la seriedad de maestros que se aleja de aquel “juego” primitivo que generaba aprender y memorizar de lo sensorial directo, “con alegría”, base de la atención y el despertar de la curiosidad”*.

Y puesto que ya es conocimiento constatado y firme que el funcionamiento del cerebro se basa en la comparación de la información sensorial aferente con la ya existente en la memoria, como resultado de procesos de aprendizaje anteriores, se ven así ratificados los postulados básicos de la teoría del aprendizaje significativo: se aprenderá y memorizará mejor y más rápidamente cuando la enseñanza promueva en forma activa que cada alumno relacione sistemáticamente los nuevos contenidos con sus conocimientos anteriores e intente, en interacción con los compañeros y su profesor, enriquecerlos y hacerlos progresivamente más coherentes entre sí y válidos para la comprensión y la actuación en la realidad cotidiana.

En consecuencia, en una docencia que integre la fundamentación neurobiológica hay que dar prioridad a los métodos y opciones didácticas que incidan sistemáticamente en la activación de áreas del cerebro como la corteza prefrontal y el lóbulo temporal medial, ya que estas estructuras juegan un papel determinante en el aprendizaje y el desarrollo de memorias resistentes al olvido y basadas en la comprensión. La corteza prefrontal, en palabras de Morgado (2011) es *“como un director de orquesta mental que juega un papel muy importante en el reclutamiento y organización de la información en curso de procesamiento, secuenciando las informaciones involucradas en las actividades cognitivas ordinarias y en la evocación de los recuerdos”*, en estrecha relación con la memoria de trabajo.

En este sentido, resultan especialmente relevantes las estrategias de enseñanza basadas en la investigación o indagación escolar en torno a problemas y preguntas importantes para el alumnado, muchas de las cuáles se referirán a aspectos de su cotidianidad social y natural. En la medida en que el alumnado tenga ocasión

de plantear hipótesis tentativas ante los interrogantes abordados; elaborar planes de actuación para dar respuesta a su curiosidad e interés por explorar posibles soluciones; efectuar búsquedas de información relevante en fuentes variadas; trabajar cooperativamente y debatir sobre los resultados; y elaborar conclusiones satisfactorias, en esa medida se incrementará la posibilidad de lograr aprendizajes y memorias valiosas.

En estas estrategias didácticas basadas en la investigación escolar se generan con frecuencia situaciones en las que los alumnos se sorprenden ante los “errores de predicción” que cometen, cuando lo que ocurre o las respuestas que encuentran no coinciden con lo que esperaban, situaciones que Morgado (2014) considera, por sus correlatos neurobiológicos asociados, especialmente propicias para el aprendizaje significativo.

Por otra parte, como vimos anteriormente, para optimizar el aprendizaje y estabilizar las memorias, consolidándose como memorias a largo plazo, es necesaria la repetición y el uso reiterado de los circuitos neuronales implicados, puesto que el olvido se produce precisamente por falta de reutilización frecuente de los aprendizajes realizados, tanto los memorísticos como los significativos. La enseñanza, por tanto, debe organizarse en forma tal que el alumnado tenga ocasión y necesidad de recordar con frecuencia sus aprendizajes anteriores, tanto a corto como a medio y largo plazo. En este sentido son útiles, como argumentaba Jerome Bruner, por ejemplo, las propuestas de “desarrollo del currículo en espiral”, retomando y complejizando progresivamente contenidos y aprendizajes anteriores, pues cada vez que recordamos algo estamos reconstruyendo y consolidando su memoria.

## REFERENCIAS

- BLAKEMORE, S. J. y FRITH, U. (2011). *Cómo aprende el cerebro, las claves para la educación*, Barcelona, Ariel.
- DAMASIO, A. R. (1994). *El error de Descartes: la emoción, la razón y el cerebro humano*. Barcelona, Crítica, 2003.
- EKMAN, P. y FRIESEN, W. V. (1971). *Unmasking de face: a guide to recognizing emotions from facial cues*. Englewood Cliffs, N. J: Prentice Hall.
- ERK, S. et al. (2003). Emotional context modulates subsequent memory effect. *Neuroimage*, 18: 439-447.
- GRUBER, M. J., GELMAN, B. D. y RANGANATH, C. (2014). States of Curiosity Modulate Hippocampus-Dependent Learning via the Dopaminergic Circuit. *Neuron*, 84(2), 486-496.
- HAWKINS, J. y BLAKESLEE, S. (2005). *Sobre la inteligencia*. Madrid, España.
- HOWARD-JONES, P. (2011). *Investigación neuroeducativa*, Madrid, La Muralla.
- GUILLÉN, J. C. (2012). Neuroeducación: estrategias basadas en el funcionamiento del cerebro. En: *Escuela con cerebro*. <https://escuelaconcerebro.wordpress.com>
- MORA, F. (2013). *Neuroeducación*. Madrid, Alianza Editorial.
- MORGADO, I. (2011). Cómo el cerebro aprende, recuerda y olvida. *Alambique*, 68, 19-29.
- MORGADO, I. (2014). *Aprender, recordar y olvidar. Claves cerebrales de la memoria y la educación*. Barcelona, Ariel.
- WANDELL, B. et al. (2008). Training in the arts, reading and brain imaging. En *Learning, arts and the brain: the Dana Consortium Report on Arts and Cognition*, Dana Press.
- WILLINGHAM, D. (2011). *¿Por qué a los niños no les gusta ir a la escuela?*, Barcelona, Graó.

## ABSTRACT

*Brain, memory and learning: contributions from neurobiology to education and practice of teaching*

New neurobiological evidence helps to understand the functioning of the brain in learning production. To the fertile practical insights of many teachers and the results of psychological research during the twentieth century, a few decades of results in biological research on how learning and memory are generated in this body have been added. The confluence of all these contributions can provide the educational foundation of great strength for analysis and investigation of problems of teaching and generalization of teaching strategies with better scientific-educational foundation and greater educational success.

KEYWORDS: *Neurobiology; Neurodidactics; Learning; Memory; Learning.*

## RÉSUMÉ

*Le cerveau, la mémoire et l'apprentissage: contributions de la neurobiologie à la didactique et la pratique de l'enseignement*

Des nouvelles preuves neurobiologiques aide à comprendre le fonctionnement du cerveau dans la production de l'apprentissage. À des idées pratiques de nombreux enseignants et les résultats de la recherche psychologique dans le XXe siècle, ajoutées au cours des décennies récentes des résultats de la recherche biologique sur la façon dont l'apprentissage et de la mémoire dans ce corps sont générés. La confluence de toutes ces contributions peut fournir la base de l'éducation d'une grande force pour l'analyse et l'étude des problèmes de l'enseignement et de la généralisation de stratégies d'enseignement avec une meilleure base scientifique et produire une plus grande réussite scolaire.

MOTS CLÉ: *Neurobiologie; Neurodidactique; L'enseignement; La mémoire; L'apprentissage.*

