

PRINCIPIOS EDUCATIVOS Y NEUROEDUCACIÓN: UNA FUNDAMENTACIÓN DESDE LA CIENCIA

EDUCATIONAL PRINCIPLES AND NEUROEDUCATION: A SCIENCE-BASED FOUNDATION

David Ranz-Alagarda^a y Juan Antonio Giménez-Beut^{b}*

Fechas de recepción y aceptación: 24 de mayo de 2018, 5 de septiembre de 2018

Resumen: Se exponen los últimos descubrimientos del cerebro en relación con los procesos de aprendizaje y desarrollo durante la niñez y la adolescencia y cómo estos avances científicos pueden influir en la educación. Los procesos de aprendizaje y enseñanza deben incorporar estos nuevos conocimientos del funcionamiento cerebral. La neurociencia puede ayudarnos a diseñar espacios de aprendizaje enriquecidos y avalados por la ciencia. Aunque la neurociencia todavía no dispone de los suficientes conocimientos para explicar todos los parámetros por los que se produce un aprendizaje efectivo, ya puede realizar ciertas afirmaciones que vinculan ambos campos científicos. Se presenta un primer paso en este reto.

Palabras clave: neuroeducación, principios pedagógicos, funciones ejecutivas, neurología e infancia y juventud.

Abstract: The latest discoveries of the brain are exposed in relation to the learning and development processes during childhood and adolescence and how these scientific advances can influence education. The learning and teaching processes must incorporate this new knowledge of brain functioning. Neuroscience can help us design learning spaces enriched and supported by science. Although neuroscience still does not have enough knowledge to

^a Centro de estudios “La Biblioteca de Alejandría” de Valencia.

^b Facultad Magisterio y Ciencias de la Educación. Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir.

* Correspondencia: Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir. Facultad Magisterio y Ciencias de la Educación. Calle Sagrado Corazón, 5. 46110 (Godella), Valencia. España.

E-mail: jantonio.gimenez@ucv.es



explain all the parameters by which effective learning occurs, it can already make certain statements that link both scientific fields. A first step in this challenge is thus presented.

Keywords: neuroeducation, pedagogical principles, executive functions, neurology and childhood and youth.

1. INTRODUCCIÓN

El cerebro humano es un órgano de una complejidad asombrosa y es el fruto de una historia evolutiva que resulta crucial al estudiarlo. Es por ello que las investigaciones comparadas de los procesos de aprendizaje entre diferentes especies son imprescindibles y resaltan el valor excepcional del ser humano. Sin embargo, se hace necesario explicitar las funciones neurocognitivas propias tanto del aprendizaje como de la enseñanza.

La neuroeducación cuenta en la actualidad con recursos de alta tecnología (como las imágenes cerebrales, las pruebas genéticas y las simulaciones computacionales) que están siendo de gran utilidad en diferentes campos: los estudios sobre discapacidad y trastornos del aprendizaje (dislexia, discalculia, autismo, defectos de atención...).

Sin embargo, también se hace necesario aportar información evaluable y significativa sobre todos los elementos relacionados con el proceso neurocognitivo en la educación. En esta línea se pretende ahondar en los elementos que favorecen la maduración de las capacidades cerebrales en la etapa de Educación Primaria.

El término *neuroeducación* sugiere un encuentro entre las ciencias de la educación y las neurociencias que integra las ciencias del cerebro, de la mente y de la educación. Bruer (1997, 2002) y Ortiz (2009) advirtieron sobre el largo camino que nos falta por recorrer antes de poder establecer puentes sólidos entre estas disciplinas. Ciertamente la neuroeducación se encuentra aún en sus inicios y se hace urgente la búsqueda rigurosa de información contrastada y confirmada experimentalmente (Battro, 2000; Ortiz, 2018).

En la práctica, la mayoría de las investigaciones neurocognitivas ligadas a la educación se realizan fuera de la escuela, en ambientes controlados, en hospitales y en laboratorios experimentales, con equipos de alta complejidad de imágenes funcionales del cerebro (fMRI, MEG, EEG, NIRS, PET, etc.).



Con estos instrumentos se puede investigar cómo el cerebro aprende conceptos de física (Fugelsang y Dunbar, 2005) y de matemáticas (Dehaene, 1997; Butterworth, 1999), del cerebro bilingüe, las artes o las ciencias; todos ellos con resultados de considerable valor para la neuroeducación.

Queda pues pendiente analizar todas estas aportaciones en el propio contexto del aula. Para poder recabar información de la práctica será necesario definir las variables observables.

El objeto de esta investigación es definir una serie de principios educativos fundamentados en las aportaciones de la neurociencia que nos permitan delimitar el marco de referencia que queremos estudiar en el propio contexto educativo escolar.

2. FUNDAMENTACIÓN DE LA NEUROEDUCACIÓN

La neuroeducación está basada en la neuroplasticidad –plasticidad neuronal o plasticidad sináptica– que es la propiedad que emerge de la naturaleza y funcionamiento de las neuronas cuando estas establecen comunicación, y que modula la percepción de los estímulos del medio, tanto los que “entran” como los que “salen”. Esta dinámica deja una huella, al tiempo que modifica la eficacia de la transferencia de la información a nivel de los elementos más finos del sistema cerebral. La plasticidad neuronal o neuroplasticidad es la capacidad que tiene el cerebro para formar nuevas conexiones nerviosas, a lo largo de toda la vida, en respuesta a la información nueva, a la estimulación sensorial, al desarrollo neurocognitivo, a la disfunción o al daño. Cada nueva experiencia modula y regenera el cableado cerebral.

Si tenemos en cuenta que uno de los objetivos principales de la educación es modificar o influir en la conducta de los niños en desarrollo para ayudarlos a adaptarse de forma exitosa a su entorno social y cultural, y que la base biológica de toda conducta humana es el sistema nervioso, podemos concluir que la educación pretende modificar, también, el funcionamiento del cerebro. De aquí que ambas disciplinas estén legítima e íntimamente interrelacionadas. En este sentido, la neuroeducación pretende una mayor integración del estudio del desarrollo neurocognitivo en las ciencias de la educación, partiendo de la idea de que conocer cómo aprende y cómo funciona el cerebro puede



mejorar la práctica pedagógica y las experiencias de aprendizaje. Tal como dice Jensen (2010), la clave está en educar teniendo el cerebro en mente.

Durante la última década se han producido descubrimientos sorprendentes sobre la plasticidad del cerebro y sobre cómo es moldeado por el entorno durante toda la vida. Hemos descubierto esto gracias a investigaciones con animales que han provocado una verdadera revolución en nuestro modo de pensar sobre la vida del cerebro. Como ya sabemos, el ejercicio cognitivo aumenta la tasa de aparición de nuevas neuronas en un gran número de estructuras cerebrales, entre ellas la corteza prefrontal, una región del cerebro especialmente importante en los procesos complejos de toma de decisiones, y los hipocampos, las estructuras con forma de caballito de mar que son especialmente importantes para la memoria (Goldberg¹, 2006: 229).

Este desarrollo evolutivo del cerebro forma parte de una interacción entre estímulos y reacciones que retroalimenta directa y continuamente al ser humano con el entorno, siendo ambas partes emisoras y receptoras. En esta línea, Damasio (2006)² analiza las emociones y el proceso cognitivo como un único elemento, donde emoción y conocimiento se entrelazan en un proceso todas las estructuras cerebrales. Analiza las reacciones primarias y secundarias, las identifica, define y explica, dentro de lo que se ha conocido como “Experimento de Damasio”, donde establece la hipótesis de un marcador somático, definiendo la emoción como un conjunto complejo de respuestas químicas y neuronales que forman un patrón distintivo. Estas respuestas son producidas por el cerebro cuando detecta un estímulo a través de alguno de sus sentidos, cuya información se procesa en la amígdala (excepto el olor, que se analiza en la glándula pineal). Cuando el objeto o acontecimiento, real o recordado mentalmente, atraviesa estas zonas de evaluación, desencadena una emoción y las repuestas automáticas correspondientes. Estas respuestas provienen de un cerebro preparado evolutivamente para responder a determinados estímulos competentes, además de las repeticiones conductuales aprendidas a lo largo de toda una vida de experiencias. El resultado primario de estas respuestas

¹ Director del Instituto de Neuropsicología y Funcionamiento Cognitivo y discípulo de Alexander Luria.

² Profesor de Psicología, Neurociencia y Neurología de la Universidad del Sur de California, donde dirige el Institute for the Neurological Study of Emotion and Creativity.



es un cambio en el estado del propio cuerpo y en el estado de las estructuras cerebrales que cartografían en el cerebro y que son el fundamento del pensamiento. El objetivo final de estas respuestas es propiciar que el organismo se oriente a su supervivencia y bienestar.

De hecho, sabemos que la curiosidad y la motivación por aprender son actitudes inherentes al hacer de las criaturas. Este interés por la novedad es una tendencia innata de nuestro cerebro (Tokuhamma-Espinosa, 2011). Nos llama la atención lo que es nuevo y desconocido, dado que es relevante para nuestra supervivencia conocer si lo nuevo es peligroso, si es seguro, o si es de utilidad. Tenemos que favorecer su implicación en la tarea, ya que nuestro cerebro está diseñado para aprender de forma activa, para aprender haciendo (Sousa, 2014). La neuroeducación defiende que la clave está en asociar el aprendizaje a emociones positivas, como es la emoción de aprender y de querer saber (Mora, 2013).

3. ¿CÓMO MADURAMOS?

El proceso de maduración cerebral se origina desde el entono y comienza con una fase de evaluación y definición de un estímulo emocional (como el miedo o el placer), que generalmente suele conducir al recuerdo de otros estímulos asociados. Es decir, que los estímulos que no producen emociones y que no se conectan con el recuerdo de otras emociones que se han producido en momentos anteriores no son procesados. Posteriormente, se produce el disparo o la inducción de la emoción en la que interviene, principalmente, la amígdala (sobre todo en las emociones que generan displacer). A continuación, se produce la ejecución de la emoción a través del medio interno. La modulación y el control del medio interno, la regulación cerebral del marcador somático, residen en el córtex prefrontal (CPF), situado en el lóbulo frontal.

El córtex prefrontal (CPF) constituye aproximadamente el 30 % de la corteza cerebral y se puede distinguir de otras áreas del lóbulo frontal por tener una gran conexión con circuitos de dopamina (aquellos que permiten mantener el estímulo de la atención y enfoque hasta lograr un objetivo).



También posee conexiones con las otras partes de la corteza cerebral y de la subcorteza (donde se encuentran la amígdala y el hipotálamo, por ejemplo). Ha de considerarse, por tanto, como un área de asociación interconectada con una red de regiones corticales y subcorticales (Tirapu-Ustárroz, García-Molina, Luna-Lario, Roig-Rovira y Pelegrín-Valero, 2008).

La corteza prefrontal, en este proceso de regulación y control del medio interno, desarrolla lo que llamamos funciones ejecutivas. Y podemos entender las funciones ejecutivas como un conjunto de procesos cognitivos entre los que se encuentran la anticipación, la elección de objetivos, la planificación, la selección de la conducta, la autorregulación, el autocontrol y el uso de realimentación. Así, describen entre sus componentes la dirección de la atención, el reconocimiento de los patrones de prioridad, la formulación de la intención, el plan de consecución, la ejecución del plan y el reconocimiento del logro. A su vez, Fuster (1980, 1989), en su teoría general sobre la corteza prefrontal, consideró fundamental la estructuración temporal de la conducta. Así, propone tres funciones subordinadas que deben coordinarse:

- una *Working Memory* (función retrospectiva de memoria a corto plazo provisional),
- una Planificación (función prospectiva de planificación de la conducta),
y
- una Regulación Conductual (función consistente en el control y supresión de las influencias internas y externas que interfieren en la conducta).

Tirapu, Muñoz-Céspedes y Pelegrín (2002) y Tirapu y Muñoz-Céspedes (2005) definen el funcionamiento o control ejecutivo como el resultado de una serie de mecanismos implicados en la optimización de los procesos cognitivos para orientarlos hacia la resolución de situaciones complejas. Así, asumen diferentes componentes como la memoria de trabajo, la orientación de la atención, la inhibición de respuestas automáticas y la monitorización de la conducta en función de los *feedback*.

Podemos entender estas funciones ejecutivas como procesos de conocimiento de alto nivel que están implicados en la regulación y el control de procesos de conocimiento más simples.



Por tanto, el proceso de maduración cerebral se da mediante el desarrollo y la especialización de sistemas muy complejos que ayudan a regular y controlar procesos más simples.

Estas capacidades pueden agruparse en una serie de componentes (Lezak, 1995; Stuss y Levine, 2002):

1. Las capacidades necesarias para formular metas, diseño de planes.
2. Las facultades implicadas en la planificación de los procesos y las estrategias para lograr los objetivos.
3. Las habilidades implicadas en la ejecución de los planes.
4. El reconocimiento del logro/no logro y de la necesidad de alterar la actividad, detenerla y generar nuevos planes de acción.
5. Inhibición de respuestas inadecuadas.
6. Adecuada selección de conductas y su organización en el espacio y en el tiempo.
7. Flexibilidad cognitiva en la monitorización de estrategias.
8. Supervisión de las conductas en función de estados motivacionales y afectivos.
9. Toma de decisiones.

En el CPF destacan los circuitos dorsolateral, orbitofrontal y ventromedial.

El circuito prefrontal dorsolateral participa principalmente en el control ejecutivo, memoria de trabajo, atención selectiva, formación de conceptos y flexibilidad cognitiva (la más desarrollada, si la comparamos con los primates cercanos; además, no procesan estímulos sensoriales directos).

El circuito prefrontal orbitofrontal media en la conducta social (ya que se activa más si los sujetos tienen que aprender nueva información visual presentada de manera abstracta, y además es el área que atiende a los estímulos con cualidades afectivas).

El circuito prefrontal ventromedial interviene en el procesamiento de señales emocionales que guían nuestra toma de decisiones hacia objetivos adaptativos (Bechara, Damasio y Damasio, 2000) –destaca por su implicación tanto en la experiencia como en la expresión de las emociones, siendo crítica para el procesamiento de emociones asociadas con situaciones sociales y personales complejas–.



Así, los déficits debidos a lesiones del CPF suelen conllevar alteraciones tanto cognitivas como conductuales y emocionales.

El cerebro, durante las etapas que se corresponden con la niñez y adolescencia, experimenta cambios importantes que no están tan directamente relacionadas con el aumento del número de neuronas sino con las conexiones neuronales, tanto entre neuronas cercanas como entre grupos de neuronas situadas a larga distancia; es una etapa en la que se desarrolla una gran cantidad de conexiones.

Dos procesos neurobiológicos están íntimamente implicados en esta etapa con el desarrollo cognitivo, uno, la plasticidad neuronal y otro, el desarrollo cíclico con sus periodos críticos y periodos sensibles.

En el proceso de maduración cerebral las neuronas llevan a cabo diferentes procesos neurobiológicos. Así, muchas sinapsis pueden ser generadas (sinaptogénesis), otras ser eliminadas (*prunning*), generarse nuevas conexiones en los mismos terminales o en terminales cercanos a los de otras neuronas (dendrogénesis), conectarse nuevas neuronas distantes entre sí (mielogénesis) o muchas de ellas ser estructuradas y/o afianzadas mediante la información sistemática recibida; por último, también pueden generarse nuevas neuronas (neurogénesis).

Un aspecto importante en el proceso de desarrollo de nuestro cerebro es el hecho de que se lleva a cabo por ciclos y no de forma lineal, aunque las capacidades cognitivas están lejos de seguir el mismo proceso de desarrollo cerebral, puesto que el desarrollo cognitivo dependerá, en gran medida, de su interacción con el medio.

De los 4 a los 7 años y de los 8 a los 12 años nos encontramos con dos etapas de gran armonización en el desarrollo global del cerebro. Esto es debido a la gran cantidad de interacciones córtico-corticales y subcórtico-corticales, tanto en las áreas anteriores (lóbulos frontales) como en las áreas asociativas temporo-parieto-occipitales. La integración de estas áreas va a permitir un gran desarrollo de conocimientos y destrezas escolares. Esta podrá ser la etapa más importante de la educación por su incidencia en los procesos de destrezas académicas. Se trata de la época en la que mayor impacto tienen todos los procesos de aprendizaje y adaptaciones escolares; es una etapa en la cual la educación perfila el futuro de los niños.



No se pueden dejar de lado las motivaciones y las emociones, dada la importancia que tienen en el desarrollo, el aprendizaje y el perfeccionamiento de las tareas académicas. No se ha de olvidar que en esta etapa se dan las mejores circunstancias para el aprendizaje de estos procesos y valores académicos sociales, culturales y morales del lenguaje. Los niños de 6 a 8 años pueden tener ya un lenguaje tan complejo gramatical y sintácticamente como el de un adulto.

La unión de la genética con las oportunidades que ofrece el ambiente nos lleva a considerar todas las aportaciones que la neurociencia puede hacer a la educación para mejorar el proceso de maduración de las capacidades de cada persona en su etapa formativa.

4. APORTACIONES A LA EDUCACIÓN

Neurociencia y educación han estado alejadas entre sí durante muchos años y, tradicionalmente, los estudios neurocientíficos han utilizado un lenguaje y un tratamiento metodológico del estudio del aprendizaje ajenos al ámbito educativo real y muy alejado de él. Esta distancia entre ambas disciplinas ha propiciado la aparición de diversos neuromitos, algunos de ellos muy arraigados en el mundo de la educación, que han simplificado, manipulado y malinterpretado algunos datos neurocientíficos reales que han acabado convirtiéndose en creencias erróneas sobre el funcionamiento del cerebro, y que han afectado directamente al hacer del docente en el aula (Howard-Jones, 2014).

Sin embargo, hay que tener en cuenta que, aunque sea necesario investigar en esta correlación entre neurociencia y educación, ha sido un error hacerlo de manera directa.

en muchos casos, han intentado transferir de manera directa al campo educativo, con una impronta prescriptiva, los resultados de sus conceptualizaciones obtenidos a partir de sus respectivos campos de análisis. Al hacer esto, parecen omitir que el espacio social de la clase, en el que alumnos y docente interactúan a raíz de los saberes que la escuela espera transmitir, no puede describirse si se aíslan sus componentes sin pagar el costo de una gran reducción (Castorino, 2018: 13).



La OCDE (2007: 402), aunque reconoce las contribuciones que aporta la neurociencia, advierte de las limitaciones de esta relación, y propone enfoques de carácter más holístico.

Otros autores también insisten en la necesidad de tener en cuenta el contexto educativo que la neurociencia no tiene en cuenta por sí misma (Coll, 2011; Hernando Barrios-Tao, 2015; Castorino, 2018):

los métodos utilizados por la neurociencia resultan a menudo incompatibles con el uso de contextos complejos, de cariz social, que son justamente los contextos donde tienen lugar los procesos educativos (Coll, 2011).

Sin perder de vista estas limitaciones, es importante, a nuestro juicio, llegar a la determinación de unos principios que fijen la relación entre ambas ciencias.

La primera referencia obligada es la de Caine y Caine (1997)³, que sintetiza en doce los principios del aprendizaje apoyados en la comprensión del cerebro:

1. El cerebro es un complejo sistema adaptativo.
2. El cerebro es un cerebro social.
3. La búsqueda de significado es innata.
4. La búsqueda de significado ocurre a través de patrones.
5. Las emociones son críticas para la elaboración de patrones.
6. Cada cerebro simultáneamente percibe y crea partes y todos.
7. El aprendizaje implica tanto una atención focalizada como una percepción periférica.
8. El aprendizaje siempre implica procesos conscientes e inconscientes.
9. Tenemos al menos dos maneras de organizar la memoria.
10. El aprendizaje desarrolla al cerebro durante toda la vida.
11. El aprendizaje complejo se incrementa por el desafío y se inhibe por la amenaza.
12. Cada cerebro está organizado de manera única.

³ Citado por Rodríguez (2012).



Sobre esta base, se han establecido en recientes estudios los ambientes de aprendizaje más adecuados para cada uno de estos principios (Rodríguez, 2016). También se han hecho propuestas de listados de principios desde la neuroeducación (Bueno y Forés, 2008) o desde la psicología (APA, 2015).

Resultaría tremendamente interesante observar en la práctica en qué medida se están creando estos ambientes en las escuelas.

5. PRINCIPIOS EDUCATIVOS FUNDAMENTADOS EN LOS DESCUBRIMIENTOS DE LA NEUROCIENCIA

A partir de todas las aportaciones actuales de la neurociencia se ha determinado una serie de afirmaciones que tienen como consecuencia unos principios educativos.

Se han contrastado estos principios con otras clasificaciones elaboradas por diversos autores (Caine y Caine, 1997; Bueno y Forés, 2008; APA, 2015; Mora, 2013; Ortiz, 2009), estableciendo así una correlación entre ambas ciencias. También se plantean sugerencias para la práctica educativa en coherencia con estos principios.

La primera aportación es demostrar que el desarrollo intelectual pasa por el fomento del pensamiento libre y creativo que fomente el razonamiento y la deducción. Esto se sustenta neurológicamente por la demostración del uso de la corteza frontal (encargada del desarrollo de métodos y patrones) utilizado para desarrollar estos hábitos, que hace que surjan más sinapsis en esta zona, así como la especialización. Se propone el fomento de hábitos de trabajo intelectual para el desarrollo de este aspecto. Otras propuestas de intervención son el desarrollo de actividades musicales y artísticas, pues favorecen el desarrollo cognitivo. La práctica musical integra los sistemas auditivos y motores, y lo que es más importante, el *feedback* de la música emitida y la esperada lleva a ajustar y evaluar continuamente ambos circuitos.

Por otro lado, la necesidad de estimular la actividad física por su valor en sí misma. La actividad física favorece el riego sanguíneo cerebral, que provoca principalmente una mayor oxigenación y la activación de la hormona BDNF (el factor neurotrófico, directamente relacionado con la neurogénesis).



Se propone alternar la actividad intensa con los períodos más inactivos, pues mejora la atención de los alumnos y facilita su actividad mental. También el asegurar una vida sana: una dieta equilibrada con la suficiente hidratación y horas de sueño. El cerebro necesita azúcares (no en exceso) para su actividad y grasas para generar y mejorar su transmisión neuronal, haciendo canales unívocos y especializados (mielinización a través de las grasas insaturadas). La hidratación afecta a la atención y la concentración, incluso a partir de una deshidratación del 1-2 %.

Una tercera aportación es la necesidad de la interacción social para aprender a convivir y a colaborar juntos en las tareas desarrollando competencias comunicativas. Por ello es muy importante el papel del juego, debiendo fomentarse para crear ese espacio de interacción y aprendizaje. Esto se sustenta en la neurología al constatar que el proceso de mielinización se asocia directamente con el juego colectivo. Además, el juego desarrolla la función ejecutiva de la corteza prefrontal, asumiendo normas y reglas.

En cuarto lugar, hay que valorar la importancia de hacer primar la creatividad en todos los ámbitos en que se relacionan los alumnos, que concretamos aquí en las siguientes situaciones:

- Originalidad en la búsqueda de soluciones. Encontrar soluciones a los problemas planteados libera en primera instancia endorfinas, y posteriormente serotonina. Además, buscar soluciones implica procesar toda la información, tanto la aferente como la eferente, y este proceso es el que nos asegura el aprendizaje.
- Creatividad en la expresión mediante todos los lenguajes que utiliza el ser humano: artístico, corporal, lingüístico, matemático, musical... La expresión mediante diferentes lenguajes favorece el aprendizaje, dado que se produce por diferentes canales, que generan un surco común con el mismo contenido, al que se accede desde vías (lenguajes) diferentes.
- Imaginación que desarrollamos a través del juego. En el juego imaginativo se incrementan los niveles de dopamina, ya que crece la incertidumbre y favorece la generación de nuevos circuitos dopaminérgicos, que incentivan el proceso de aprendizaje lúdico-imaginario, ya que lo anclan más al existir también un vínculo emocional.



Otra contribución es que el desarrollo de las emociones forma parte de nuestra naturaleza y por lo tanto debe ligarse también a nuestro proceso de crecimiento personal. Esto tiene a su vez varios tipos de implicaciones.

Los alumnos deben aprender a desarrollar el conocimiento y dominio de las propias emociones y la comprensión de las de los demás. El desarrollo de la empatía desarrolla el aprendizaje emocional, reduciendo la excitabilidad del hipotálamo (generador de respuestas autónomas hormonales de lucha o huida).

Una sexta aportación es que la mayor parte de los lenguajes adquiridos integran los dos hemisferios, con lo que establecen circuitos más completos y más duraderos, ya que, al utilizarlos en diferentes escenarios y circunstancias, se activan y retroalimentan con más frecuencia, de modo que se consolidan autónomamente. De esta forma los alumnos deben desarrollar diferentes maneras de expresar sus sentimientos: plástica, musical, corporal, dramatización...

De manera integrada, estos seis principios de neurociencia tienen una consecuencia educativa directa, que podríamos concluir en un principio educativo (1): *La educación del ser humano debe dirigirse hacia todas sus dimensiones (intelectual, física, social, creativa, emocional...)*.

La séptima contribución es que la comprensión de los conceptos se basa en la conexión de conocimientos/habilidades/capacidades con aquellos que aparecen de nuevo o se reeditan para tratar de consolidarlos. Si no existe esta conexión, la información, filtrada por la amígdala (glándula que regula el tránsito de cualquier estímulo), no provocará atención hacia el concepto (ruido, apatía), o si es demasiado complejo producirá un torrente hormonal en el envío de información al hipotálamo, que rige la respuesta del sistema nervioso autónomo, marcando una respuesta somática alterada.

En octavo lugar, se deduce que los conocimientos deben presentarse de manera holística, entendiéndolo como una globalidad y evitando la parcialización excesiva de estos. Para ello son útiles los planteamientos interdisciplinarios. Se propone la presentación de los nuevos contenidos de manera global y el diseño del proyecto interdisciplinar. El planteamiento integral genera un estímulo que incide desde diferentes puntos sobre la misma materia, que, tratada desde vías diferentes, produce un surco de aprendizaje donde



la conexión interhemisférica de diferentes zonas del encéfalo provocará un aprendizaje más significativo, más fácil de recordar y difícil de olvidar.

La novena aportación contempla que la sinapsis en la corteza cerebral frontal (encargada de los procesos cognitivos) se activa según el nivel de dificultad/simplicidad de la información, en una curva donde si no existe la proporción necesaria de ambas partes no se activará, por evaluar que los contenidos son demasiado fáciles/difíciles; por lo que el profesor debe conocer a sus alumnos y sus necesidades más inmediatas.

En décimo lugar se puede concluir que las propuestas educativas deben sorprender a los alumnos con conocimientos novedosos que despierten su curiosidad, ya que el sistema de activación reticular ascendente (SARA), situado en la frontera entre la médula espinal y el tallo cerebral, permite el paso del flujo sanguíneo y la consiguiente activación sináptica cuando existe novedad, curiosidad y cambios. Si no, este sistema, que se encarga de ahorrar consumo de energía en el encéfalo, reduce el flujo sanguíneo y la actividad cerebral.

Estas aportaciones, de la séptima a la décima, podríamos conectarlas en un principio educativo (2): *El conocimiento se va generando de manera progresiva a partir de las conexiones entre los conceptos ya existentes en los individuos y los nuevos que se le presentan.*

Como undécima contribución, se ha de facilitar la participación de los alumnos en los procesos de enseñanza-aprendizaje. La intervención genera integración, el mesoencéfalo (cerebro emocional) se implica cuando aparece la cohesión grupal. Esta parte del encéfalo sinapta con todos los circuitos dopaminérgicos que activan y mantienen la atención.

La duodécima aportación entiende que es necesario organizar los tiempos de manera adecuada respetando la curva de la fatiga; alternando momentos de atención, actividad y reflexión. La atención se fija en *frames* de 200 ms, y cada momento de atención es al 100 %, pero de 200 ms. Esto genera 5 *frames* por segundo, y cada uno puede ser diferente. La capacidad para enfocar y contener el foco de atención es limitada, ya que en cada momento el cerebro enfoca hacia un punto, distinto o no, con lo que la atención hacia el estímulo externo (atención) debe ser guiada hacia el estímulo activo interno (actividad), y posteriormente un estímulo pasivo interno (reflexión).

Como decimotercera contribución debemos tener como meta el desarrollo de competencias, no de los contenidos. Las competencias son la capacidad



para manejar un recurso, cognitivo, emocional, motor o ambos combinados. Forman parte de la memoria implícita, donde haber desarrollado un conocimiento implica haber generado un circuito sináptico al que se puede acceder con facilidad. Sin embargo, los contenidos como mero concepto cognitivo, donde su adquisición no ha consistido en una compleja red, sino en la exposición a un mismo estímulo un elevado número de veces, forma parte de la memoria explícita, mucho más difícil de recordar y mucho más fácil de olvidar.

La decimocuarta aportación considera el enseñar a “aprender a aprender” de manera autónoma. Situándonos en el origen de las inteligencias múltiples, cada cerebro procesa la información de una forma diferente, encontrando siete ejes distintos con muy diversas combinaciones. Es esencial que los alumnos conozcan sus ejes de procesamiento de la información y que en base a ella generen un hábito, dado que este hábito será el circuito que el cerebro retroalimentará cada vez que se disponga a aprender, y esto produzca, por consiguiente, una red más completa y compleja.

Estos principios nos llevan al principio educativo (3): *El profesor debe ser un facilitador del aprendizaje. Debe crear entornos favorables y estimulantes, pero precisa de la participación de los alumnos.*

La decimoquinta aportación marca el inicio de partir de las experiencias vitales de los alumnos y dar respuesta a las inquietudes que puedan surgir de su propia vida, ya que la conexión entre la memoria implícita y los nuevos conceptos, unida a la conexión entre lo propuesto y la vida real del alumno, generan un circuito más consolidable y complejo que asegura un surco más concurrido donde más estímulos reforzarán este entramado.

En la decimosexta contribución observamos que es muy importante proporcionar un espacio enriquecido que fomente el descubrimiento. El descubrimiento fomenta desarrollo de las funciones ejecutivas. Las funciones ejecutivas, activadas desde la corteza frontal, se refuerzan mediante los tres circuitos dopaminérgicos:

- mesolímbico (mesencéfalo-sistema límbico),
- mesocortical (mesencéfalo-corteza), y
- sistema nigroestriado (sustancia negra-caudal, putamen, duramadre).



La difusión de estos circuitos provocará en el alumno un circuito de recompensa que perpetuará el deseo y la búsqueda del autodescubrimiento.

La decimoséptima aportación tiene presente la gran importancia de vincular el desarrollo socioemocional al intelectual. El desarrollo socioemocional es el que ayuda a los estudiantes a manejar sus reacciones primarias para, desde un proceso asociativo y frecuentemente metonímico, poder evolucionarlas hacia unas reacciones secundarias (fruto de las representaciones disposicionales) donde tenga una forma efectiva y positiva de manejar sus emociones.

La decimoctava contribución tiene en cuenta la actividad y el ejercicio de los alumnos como principio de aprendizaje. La actividad física estimula la BDNF, la hormona relacionada con la neurogénesis. También desarrolla la actividad del hipocampo, esencial para la memoria a largo plazo. El sistema vestibular (oído interno) y el sistema cerebeloso (actividad motora) es el primer sistema sensorial en madurar. En este sistema, los canales semicirculares del oído interno y los núcleos vestibulares son una recopilación de información y fuente de información para los movimientos.

Estos principios de neurociencia son recogidos en el principio educativo (4): *El aprendizaje se produce de manera progresiva y adecuada a la edad y los intereses de los alumnos. Existe un vínculo indisociable entre el aprendizaje y la enseñanza.*

Así pues, los cuatro principios educativos que aglutinan las aportaciones y descubrimientos de la neurociencia son:

1. La educación del ser humano debe dirigirse hacia todas sus dimensiones (intelectual, física, social, creativa, emocional...) de manera integrada.
2. El conocimiento se va generando de manera progresiva a partir de las conexiones entre los conceptos ya existentes en los individuos y los nuevos que se le presentan.
3. El profesor es un facilitador del aprendizaje. Debe crear entornos favorables y estimulantes, pero necesita la participación de los alumnos.
4. El aprendizaje se produce de manera progresiva y adecuada a la edad y los intereses de los alumnos. Existe un vínculo indisociable entre el aprendizaje y la enseñanza.



6. CONCLUSIONES

Se ha presentado una vinculación entre principios neurobiofisiológicos de procesos como el aprendizaje, memoria, lenguaje, atención y concentración, y las prácticas docentes más efectivas en la enseñanza cognitiva y emocional de niños y adolescentes. Muchos de los principios educativos que aceptan hoy en día las ciencias de la educación pueden ahora corroborarse de forma empírica demostrando su validez.

Además de establecer esta relación se han planteado las consecuencias educativas que se derivan de estos principios y se han realizado propuestas de intervención educativa que podrían estimular estas consecuencias.

Es necesario trabajar todas sus dimensiones y no solo la racional, la necesidad de incorporar los conocimientos de manera progresiva y conectada a los conocimientos existentes, el rol del profesor como facilitador del aprendizaje creando escenarios estimulantes y el acercamiento al conocimiento de manera ajustada a las necesidades de cada etapa evolutiva del momento. Todo ello se justifica desde los principios de la neurociencia y tiene unas consecuencias educativas importantes para los docentes.

Estos principios pueden traducirse en variables para múltiples investigaciones. Es especial para comprobar sobre las experiencias prácticas su veracidad.

Se abre, pues, un camino de reflexión e indagación en constante y necesario crecimiento. Una interacción y descubrimiento mutuo entre ambas ciencias, lo que redundará sin lugar a dudas en la mejora de los procesos de aprendizaje y de enseñanza y el éxito de la escuela.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLEGRI, R. F. y HARRIS, P. (2001). La corteza prefrontal en los mecanismos atencionales y la memoria. *Revista de Neurología*, 32, 449-453.
- ALVAREZ, J. A. y EMORY, E. (2006). Executive Function and the Frontal Lobes: A Meta-Analytic Review. *Neuropsychology Review*, 16(1), 17-42.



- AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION (2015). *20 principios fundamentales de la psicología para la enseñanza y el aprendizaje desde la educación infantil hasta la enseñanza secundaria*. Recuperado de: <https://www.apa.org/ed/schools/teaching-learning/20-principios-fundamentales.pdf>.
- BARBAS, H. (2000). Connections underlying the synthesis of cognition, memory and emotion in primate prefrontal cortices. *Brain Research Bulletin*, 52(5), 319-330.
- BARRIOS-TAO, H. (2016). Neurociencias, educación y entorno sociocultural. *Educación y Educadores*, 19 (3), 395-415.
- BATTRO A. M. (2000). *Half a brain is enough. The story of Nico*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- BECHARA, A.; DAMASIO, H. y DAMASIO, A. R. (2000). Emotion, decision – making and the orbitofrontal cortex. *Cerebral Cortex*, 10, 295-307.
- BOROD, J. C. (1992). Interhemispheric and intrahemispheric control of emotion: a focus on unilateral brain damage. *Clinical Psychology*, 60, 339-48.
- BRUER, J. T. (1997). Education and the brain: a bridge too far. *Educational Researcher*, 2-26(8), 1-13.
- BRUER, J. T. (2002). Avoiding the pediatrician's error: how neuroscientists can help educators (and themselves). *Nature Neuroscience*, Nov 5, Suppl., 1031-1033.
- BUENO, D. y FORÉS, A. (2008). 5 principios de la neurología que la familia debería saber y poner en práctica. *Revista iberoamericana de educación*, 78(1), 13-25.
- BUTTERWORTH, B. (1999). *The mathematical brain*. London, Reino Unido: Macmillan.
- CASTORINA, J. A. (2018). El problema del conocimiento en la investigación educativa. El aplicacionismo de las disciplinas, las neurociencias en particular. *La escuela de hoy. Tensiones, posibilidades y desafíos. Anuario digital de investigación educativa*, 1, 13-18.
- CHOW, T. W. y CUMMINGS, J. L. (1999). Frontal-subcortical circuits. En B. L. Miller y J. L. Cummings (eds.), *The human frontal lobes. Functions and disorders*, New York, Estados Unidos: The Guilford Press.
- COLL, M. (2011). *Plasticidad cerebral y experiencia: fundamentos neurobiológicos de la educación*. Ponencia XII Congreso Internacional de teoría de la educación, Universidad de Barcelona.



- DAMASIO, A. R. (1997). Towards a neuropathology of emotion and mood. *Nature*, 386, 769-770.
- DAMASIO, A. R. (2006). *El error de Descartes: la emoción, la razón y el cerebro humano*. Barcelona, España: Editorial Crítica.
- DAMASIO, A. R.; GRABOWSKI, T.; FRANK, R.; GALABURDA, A. M. y DAMASIO, A. R. (1994). The return of Phineas Gage: clues about the brain from the skull of a famous patient. *Science*, 264, 1102-1105.
- DAMASIO, A. R. y VAN HOESEN, G. W. (1984). Emotional disturbances associated with focal lesions of the limbic frontal lobe. En K. M. Heilman y P. Satz (eds.), *Neuropsychology of human emotion*. Nueva York, Estados Unidos: Guilford Press.
- DAVIDSON, R. J.; JACKSON, D. C. y KALIN, N. H. (2000). Emotion, plasticity, contest, and regulation: perspectives from affective neuroscience. *Psychological Bulletin*, 126, 890-909.
- DEHAENE, S. (1997). *The number sense: How the mind creates mathematics*. Oxford, Reino Unido: Oxford University Press
- EDELMAN, B.J.; BAXTER, B. y BIN HE (2016). EEG Source Imaging Enhances the Decoding of Complex Right-Hand Motor Imagery Tasks. *IEEE Trans Biomed Eng*, 1, 4-14.
- FISCHER, K.W.; HOLMES BERNSTEIN, J. y IMMORDINO-YANG, M. E. (eds.) (2006). *Mind, brain and education in reading disorders*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- FREY, S.; KOSTOPOULOUS, P. y PETRIDES, M. (2000). Orbitofrontal involvement in the processing of unpleasant auditory information. *European Journal of Neuroscience*, 2, 3709-3712.
- FREY, S. y PETRIDES, M. (2000). Orbitofrontal cortex: a key prefrontal region for encoding information. *Proceedings of the National Academy Of Sciences of the United States of America*, 97, 8723-8727.
- FUGELSANG, J. y DUNBAR, K. (2005). Brain based mechanisms underlying complex causal thinking. *Neuropsychologia*, 43(8), 1204-1213.
- GABRIEL, M.; SPARENBERG, S. P. y STOLAR, N. (1986). An executive function of the hippocampus: Pathway selection for thalamic neuronal significance code. En R. L. Isaacson y K. H. Pribram (eds.), *The hippocampus* (vol. 4). Nueva York, Estados Unidos: Plenum Press.



- GOLDBERG, E. (2005). *The Wisdom Paradox*. Barcelona, España: Booket Ciencia.
- GRAFMAN, J. (1994). Alternative frameworks for the conceptualization of prefrontal lobe functions. En F. Boller y J. Grafman (eds.), *Handbook of neuropsychology* (187-202). Ámsterdam, Países Bajos: Elsevier Science.
- GRAFMAN, J.; HOLYOAK, K. y BOLLER, F. (1995). *Structure and functions of the human prefrontal cortex*. Nueva York, Estados Unidos: New York Academy Sciences, vol. 769.
- HOWARD-JONES, P. A. (2014). Neuroscience and education: myths and messages. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(12), 817-824.
- ILLIS, J. (ed.). (2005). *Neuroethics in the 21st century. Defining the issue in theory, practice and policy*. Oxford, Reino Unido: Oxford University Press.
- JENSEN, E. (2010). *Cerebro y aprendizaje*. Madrid, España: Narcea.
- KIKYO, H.; OHKI, K. y MIYASHITA, Y. (2002). Neural correlates for-felling-of-Knowing: an fMRI parametric analysis. *Neuron*, 36, 177-186.
- KOIZUMI, H. (2005). Brain-Science & Education programs at the Japan Science and Technology Agency (JST). En *Brain, science and education*. Saitama, Japón: Science and Technology Agency.
- KOLB, B. y WHISHAW, I. Q. (2006). *Neuropsicología humana*. Buenos Aires / Madrid: Médica Panamericana.
- LEZAK, M. D. (1995). *Neuropsychological assessment* (3.^a ed.). Nueva York, Estados Unidos: Oxford University Press.
- LURIA, A. R. (1979) *El cerebro en acción* (2.^a ed.). Barcelona, España: Fontanella.
- MACLEAN, P. D. (1993). Cerebral evolution of emotion. En M. Lewis y J. M. Haviland (eds.), *Handbook of emotions*. Nueva York, Estados Unidos: Guilford Press.
- MARCUS, S. J. (ed.) (2002). *Neuroethics: Mapping the field*. Nueva York: Dana Press.
- MARIL, A.; SIMONS, J. S.; MITCHELL, J. P. y SCHWARTZ, B. L. (2003). Feeling of knowing in episodic memory: An event-related fMRI study. *Neuroimage*, 18, 827-836.
- MILLER, E. K. y COHEN, J. D. (2001). An integrative theory of frontal lobe function. *Annual Review Neurociencia*, 24, 167-202.



- MORA, F. (2013). *Neuroeducación*. Madrid, España: Alianza.
- ORTIZ, T. (2009). *Neurociencia y Educación*. Madrid, España: Alianza.
- ORTIZ, T. (2018). *Neurociencia y Educación en la escuela. HERVAT: investigación neuroeducativa para la mejora del aprendizaje*. Madrid, España: SM (Biblioteca Innovación Educativa).
- PAULESU, E. *et al.* (2000). A cultural effect on brain function. *Nature Neuroscience*, 3, 91-96.
- PINEDA, D. (2000). La función ejecutiva y sus trastornos. *Revista de Neurología*, 30(8), 764.
- RODRÍGUEZ, R. (2016). La construcción de ambientes de aprendizaje desde los principios de la neurociencia cognitiva. *Revista nacional e internacional de educación inclusiva*, 9 (2), 245-263.
- ROLLS, E. T. (1986). Neural systems involved in emotion in primates. En R. Plutchik y H. Kellerman (eds.), *Emotion: Theory, research, and experience* (vol. 3). Nueva York, Estados Unidos: Academic Press.
- SHERIDAN, K.; ZINCHENKO E. y GARDNER H. (2005). Neuroethics in education. En J. Illis (ed.), *Neuroethics in the 21st century. Defining the issue in theory, practice and policy*. Oxford, Reino Unido: Oxford University Press.
- SHOLBERG M. M. y MATEER C. A. (1989). Remediation of executive functions impairments. En M. M. Sholberg, C. A. Mateer (eds.), *Introduction to cognitive rehabilitation*, 232-263. Nueva York, Estados Unidos: The Guilford Press.
- SOUSA, D. (2014). *Neurociencia educativa*. Madrid, España: Narcea.
- STUSS, D. T. y Alexander, M. P. (2000). Executive functions and the frontal lobes: a conceptual view. *Psychological Research*, 63, 289-298.
- STUSS, D. T. y LEVINE, B. (2002). Adult clinical neuropsychology: Lessons from studies of the frontal lobes. *Annual Review Psychology*, 53, 401-433.
- TIRAPU-USTÁRROZ, J.; GARCÍA-MOLINA, A.; LUNA-LARIO, P.; ROIG-ROVIRA, T. y PELEGRÍN-VALERO, C. (2008). Modelos de funciones y control ejecutivo (I-II). *Revista de Neurología*, 46(11-12), 684-692 y 742-750.
- TIRAPU-USTÁRROZ J. y MUÑOZ-CÉSPEDES J. M. (2005). Memoria y funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, 41, 475-84.
- TIRAPU-USTÁRROZ J.; MUÑOZ-CÉSPEDES J. M. y PELEGRÍN C. (2002). Funciones ejecutivas: necesidad de una integración conceptual. *Revista de Neurología*, 34, 673-85.



ANEXO. NEUROEDUCACIÓN Y PRINCIPIOS EDUCATIVOS

<i>1. La educación del ser humano debe dirigirse hacia todas sus dimensiones (intelectual, física, social, creativa, emocional...).</i>	
<i>APORTACIONES DE LA NEUROCIENCIA</i>	<i>IMPLICACIONES PARA LA PRÁCTICA</i>
El desarrollo intelectual pasa por un fomento del pensamiento libre y creativo que favorezca el razonamiento y la deducción. El uso de la corteza frontal (más sinapsis en esta zona). La práctica musical integra los sistemas auditivos y motores.	Se propone el fomento de hábitos de trabajo intelectual para el desarrollo de este aspecto. También el desarrollo de actividades musicales y artísticas, pues favorecen el desarrollo cognitivo.
Es necesario estimular la actividad física por su valor en sí misma. La actividad física favorece el riego sanguíneo cerebral, que provoca principalmente una mayor oxigenación y la activación de la hormona BDNF.	Se propone alternar la actividad intensa con los períodos más inactivos, pues mejora la atención de los alumnos y facilita su actividad mental. También el asegurar una vida sana: una dieta equilibrada con la suficiente hidratación y horas de sueño. El cerebro necesita azúcares (no en exceso). La hidratación afecta a la atención y la concentración.
Se precisa la interacción social para aprender a convivir y a colaborar juntos en las tareas desarrollando competencias comunicativas. El proceso de mielinización se asocia directamente con el juego colectivo. Además, el juego desarrolla la función ejecutiva de la corteza prefrontal, asumiendo normas y reglas.	Importancia del juego y más concretamente del juego colectivo.



<i>I. La educación del ser humano debe dirigirse hacia todas sus dimensiones (intelectual, física, social, creativa, emocional...).</i>	
<i>APORTACIONES DE LA NEUROCIENCIA</i>	<i>IMPLICACIONES PARA LA PRÁCTICA</i>
<p>Se debe primar la creatividad:</p> <p>a) Originalidad en la búsqueda de soluciones. Libera endorfinas y luego serotonina. Procesar toda la información, tanto la aferente como la eferente.</p> <p>b) Creatividad en la expresión mediante todos los lenguajes que utiliza el ser humano. Favorece el aprendizaje, dado que se produce por diferentes canales que generan un surco común con el mismo contenido.</p> <p>c) Imaginación que desarrollamos a través del juego. Se favorece la generación de nuevos circuitos dopaminérgicos.</p>	<p>Encontrar soluciones a los problemas planteados.</p> <p>La expresión mediante diferentes lenguajes (artístico, corporal, lingüístico, matemático, musical...).</p> <p>Empleo del juego imaginativo.</p>
<p>El desarrollo de la empatía desarrolla el aprendizaje emocional, reduciendo la excitabilidad del hipotálamo (generador de respuestas autónomas hormonales de lucha o huida).</p>	<p>Los alumnos deben aprender a desarrollar el conocimiento y dominio de las propias emociones y la comprensión de las de los demás. El desarrollo de la empatía desarrolla el aprendizaje emocional.</p>
<p>La mayor parte de los lenguajes adquiridos integran los dos hemisferios, con lo que establecen circuitos más completos y más duraderos. Al utilizarlos en diferentes escenarios y circunstancias se activan y retroalimentan con más frecuencia de modo que se consolidan autónomamente.</p>	<p>Los alumnos deben desarrollar diferentes maneras de expresar sus sentimientos: plástica, musical, corporal, dramatización...</p>



<i>2. El conocimiento se va generando de manera progresiva a partir de las conexiones entre los conceptos ya existentes en los individuos y los nuevos que se le presentan.</i>	
<i>APORTACIONES DE LA NEUROCIENCIA</i>	<i>IMPLICACIONES PARA LA PRÁCTICA</i>
La comprensión de los conceptos se basa en la conexión de conocimientos/habilidades/capacidades con aquellos que aparecen de nuevo o se reeditan para tratar de consolidarlos.	Debe existir conexión entre los conceptos para conseguir provocar la atención. No deben ser demasiado complejos.
Los conocimientos deben presentarse de manera holística, entendiéndolo como una globalidad y evitando una parcialización excesiva de estos.	Se propone la presentación de los nuevos contenidos de manera global y el diseño de proyecto interdisciplinares.
El nivel de dificultad/simplicidad de la información tiene que estar en la proporción necesaria para activarse.	Evaluar los contenidos que son demasiado fáciles/difíciles. Para ello el profesor debe conocer a sus alumnos y sus necesidades más inmediatas.
El sistema de activación reticular ascendente (SARA). Consiguiente activación sináptica cuando existe novedad, curiosidad y cambios.	Las propuestas educativas deben sorprender a los alumnos con conocimientos novedosos que despierten su curiosidad.



<i>3. El profesor debe ser un facilitador del aprendizaje. Debe crear entornos favorables y estimulantes, pero necesita la participación de los alumnos.</i>	
<i>APORTACIONES DE LA NEUROCIENCIA</i>	<i>IMPLICACIONES PARA LA PRÁCTICA</i>
La intervención genera integración (cerebro emocional) y se implica cuando aparece la cohesión grupal. Todos los circuitos dopaminérgicos se activan y mantienen la atención.	Se ha de facilitar la participación de los alumnos en los procesos de enseñanza-aprendizaje.
La capacidad para enfocar y contener el foco de atención es limitada ya que en cada momento el cerebro enfoca hacia un punto, con lo que la atención hacia el estímulo externo (atención) debe ser guiada hacia el estímulo activo interno (actividad), y posteriormente un estímulo pasivo interno (reflexión).	Es necesario organizar los tiempos de manera adecuada respetando la curva de la fatiga; alternando momentos de atención, actividad y reflexión.
Las competencias forman parte de la memoria implícita. Haber desarrollado un conocimiento implica haber generado un circuito sináptico al que se puede acceder con facilidad. Los contenidos donde su adquisición no ha consistido en una compleja red forman parte de la memoria explícita, mucho más difícil de recordar y mucho más fácil de olvidar.	Se deben tener como referente las competencias, no los contenidos.
Cada cerebro procesa la información de una forma diferente, encontrando siete ejes distintos con muy diversas combinaciones. Es esencial que los alumnos conozcan sus ejes de procesamiento de la información y sobre esta generen un hábito.	Importancia de enseñar a “aprender a aprender”.



4. El aprendizaje se produce de manera progresiva y adecuada a la edad y los intereses de los alumnos. Existe un vínculo indisoluble entre el aprendizaje y la enseñanza.

<i>APORTACIONES DE LA NEUROCIENCIA</i>	<i>IMPLICACIONES PARA LA PRÁCTICA</i>
La conexión entre la memoria implícita y los nuevos conceptos genera un circuito más consolidable y complejo que asegura un surco más concurrido donde más estímulos reforzarán este entramado.	Partir de las experiencias vitales de los alumnos y dar respuesta a las inquietudes que puedan surgir de su propia vida.
Las funciones ejecutivas, activadas desde la corteza frontal se refuerzan mediante los tres circuitos dopaminérgicos. La difusión de estos circuitos provocará en el alumno un circuito de recompensa que perpetuará el deseo y la búsqueda del auto-descubrimiento.	Proporcionar un espacio enriquecido que fomente el descubrimiento.
El desarrollo socioemocional es el que ayuda a los estudiantes a manejar sus reacciones primarias para, desde un proceso asociativo y frecuentemente metonímico, poder evolucionarlas hacia unas reacciones secundarias donde tenga una forma efectiva y positiva de manejar sus emociones.	Vincular el desarrollo socioemocional al intelectual.
La actividad física estimula la BDNF, la hormona relacionada con la neurogénesis. También desarrolla la actividad del hipocampo, esencial para la memoria a largo plazo. El sistema vestibular (oído interno) y el sistema cerebeloso (actividad motora) es el primer sistema sensorial que madura. En este sistema, los canales semicirculares del oído interno y los núcleos vestibulares son una recopilación de información y fuente de información para los movimientos.	La actividad y el ejercicio de los alumnos son muy importantes como principio de aprendizaje.

