

## VISIONES DESDE LA NEUROCIENCIA-NEURODIDÁCTICA PARA LA INCORPORACIÓN DE LAS TIC EN LOS ESCENARIOS EDUCATIVOS

### *VISIONS FROM NEUROSCIENCE-NEURODIDACTICS FOR THE INCORPORATION OF ICT IN EDUCATIONAL SETTINGS*

JULIO MANUEL BARROSO OSUNA<sup>1</sup> JULIO CABERO ALMENARA<sup>2</sup> RUBICELIA VALENCIA ORTIZ<sup>3</sup>

**Cómo citar este artículo:** Barroso Osuna, J. M., Cabero Almenara, J., Valencia Ortiz, R. (2020). Visiones desde la Neurociencia-Neurodidáctica para la incorporación de las TIC en los escenarios educativos. *Revista de Ciencias Sociales Ambos Mundos*, (1), 7-22. <https://doi.org/10.14198/ambos.2020.1.2>

#### Resumen

El campo de la neurociencia ha experimentado un importante avance en las últimas décadas, tanto que concretamente en estos últimos años se está creando una nueva cultura basada en el estudio del cerebro, dando lugar al nacimiento de nuevas disciplinas en diversas ramas del conocimiento. Entre estas disciplinas, nos encontramos con la neuroeducación y la neurodidáctica, que adoptan como base de análisis las aportaciones surgidas desde la neurociencia. Disciplinas que surgen del interés entre los docentes de encontrar un referente teórico para fundamentar su práctica pedagógica, teniendo en cuenta conocimientos sobre cómo se estructura, funciona y se desarrolla el cerebro. En el presente documento, se parte del análisis de las características definitorias de la neurociencia y de las posibles relaciones que se pueden establecer con la didáctica, en lo que se está comenzando a denominar como neurodidáctica. Igualmente, desde el punto de vista de la neurociencia y concretamente de la neurodidáctica, analizamos las posibilidades cognitivas que ofrecen las TIC, centrándonos para finalizar en los diversos efectos cognitivos que nos produce la utilización de las TIC en los contextos de formación.

**Palabras clave:** Neurociencia; Neurodidáctica; Tecnologías de la Información y la Comunicación; Enseñanza; Aprendizaje.

#### Abstract

The field of neuroscience has advances in important ways in recent decades, so much so that in recent years a new culture based on the study of the brain has been created, giving rise to the birth of new disciplines in various branches of knowledge. Among these disciplines, we find neuroeducation and neurodidactics, which adopt the contributions arising from neuroscience as a basis for analysis. Disciplines that arise from the interest among teachers to find a theoretical reference to support their pedagogical practice, taking into account knowledge about how the brain is structured, works and develops. In the present document, we start with the analysis of the defining characteristics of neuroscience and the possible relationships that can be established with didactics, in what is beginning to be called neurodidactics. Likewise, from the perspective of neuroscience and specifically of neurodidactics, we analyze the cognitive possibilities offered by ICT, focusing on the various cognitive effects that the use of ICTs in training contexts produce.

**Keywords:** Neuroscience; Neurodidactics; Information and Communication Technologies; Teaching; Learning.

1. Julio Manuel Barroso Osuna, Departamento de Didáctica y Organización Educativa, Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Sevilla. Sevilla (España). [jbarroso@us.es](mailto:jbarroso@us.es) <https://orcid.org/0000-0003-0139-9140>
2. Julio Cabero Almenara, Departamento de Didáctica y Organización Educativa, Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Sevilla. Sevilla (España). [cabero@us.es](mailto:cabero@us.es) <https://orcid.org/0000-0002-1133-6031>
3. Rubicelia Valencia Ortiz, Macmillan Education Mexico. México, Distrito Federal, México. [rubicelivalencia@gmail.com](mailto:rubicelivalencia@gmail.com) <https://orcid.org/0000-0003-4656-5456>



Este trabajo se publica bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional. (CC BY 4.0). [https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es\\_ES](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es_ES)

©Julio Manuel Barroso Osuna, Julio Cabero Almenara, Rubicelia Valencia Ortiz

Recibido: 14/03/2019

Aceptado: 18/10/2019

## **1. Neurociencia y neurodidáctica**

Vivimos momentos marcados por diferentes acontecimientos en el terreno social y educativo, que van desde los grandes esfuerzos realizados por los países en educación, el aumento de las inversiones para que exista una mayor presencia de las TIC en las instituciones educativas, o la aparición de nuevas teorías educativas (conectivismo, aprendizaje ubicuo, aprendizaje rizomático...) para explicar cómo se produce el aprendizaje en la sociedad del conocimiento. Pero al mismo tiempo estamos en una situación paradójica, y es que frente a todos los esfuerzos realizados, la calidad de la educación está puesta en entredicho en diferentes sistemas educativos, por diferentes motivos: curriculums no adaptados a las necesidades actuales, falta de formación del profesorado, falta de cualificación de los estudiantes que van acumulando los déficits de conocimiento, limitados recursos existentes en los centros educativos, entender la calidad de la educación únicamente como escolarización, o el desconocimiento que en la cultura académica se tiene respecto a cómo se produce el aprendizaje de forma fisiológica y biológica en las personas. Hecho que ésta empezándose a resolverse por el interés que en la educación está despertando la neurociencia. Al fin y al cabo, somos seres físicos, químicos y eléctricos.

El objetivo de la neurociencia es el conocimiento de nuestro sistema nervioso de manera general, y de manera específica, nuestro cerebro; por tanto, es una disciplina científica que permite aproximarnos al fenómeno de cómo aprende nuestro cerebro y cómo se ve modificado e influenciado por los estímulos que, de forma general y particular, le llegan del medio ambiente. Para Morales (2015) la neurociencia facilita "conocer cuáles son los mecanismos necesarios para conocer de manera más amplia, cómo es nuestro cerebro, cómo aprende, cómo procesa, registra, conserva y evoca la información, qué estrategias son necesarias para que se almacene el conocimiento y posteriormente se pueda recuperar, y comprender qué rol juegan las emociones en el proceso de aprendizaje." (p. 21) Neurociencia que para Burgos y Castillo (2018) se presentaría para conjugar el triunvirato formado por la Educación, Psicología y Biología.

Tal es la significación y auge de esta disciplina, que está creando una nueva cultura basada en el estudio del cerebro, y que como señala Mora (2014): "esta nueva cultura, neurocultura, está produciendo una reevaluación de las humanidades y de cómo nos concebimos a nosotros mismos." (p. 19). Y está repercutiendo para que surjan nuevas disciplinas (neurofilosofía, neuroética, neurosociología, o neurotecnología). De todas formas, es bueno no caer en el poder seductor de la neurociencia. En este entramado de disciplinas, están la neuroeducación y neurodidáctica. La primera la podríamos considerar como

"una nueva visión de la enseñanza basada en el cerebro." (Mora, 2014, p. 25); y la segunda, como una forma de diseñar el proceso de instrucción y de intervención en el mismo, por parte del docente, teniendo en cuenta como se produce el aprendizaje en el cerebro. Pues como señala Mora (2014): aprender y memorizar implica "cambiar el cableado sináptico" del cerebro, y son procesos que realiza el ser humano desde que nace hasta que muere (p. 40). Por su parte, Ortiz (2009) sugiere que el aprendizaje supone "una serie de conexiones nuevas que organizan una nueva red neuronal o el fortalecimiento de partes de las ya existentes." (p. 27).

La neurociencia, ofrece nuevos modelos o perspectivas, para abordar los planteamientos e intervenciones didácticas que se fundamenten "en el diseño -por parte del docente/educador- de estrategias didácticas y metodológicas más eficientes, que no sólo armen un "aprendizaje significativo", sino que empujen un desarrollo cerebral y psicodinámico. Este nuevo abordaje se ha ido configurando como una nueva disciplina práctica, basada en la ciencia del cerebro y la mente: la neurodidáctica" (Di Gesú, 2017, pp. 17-18). La incorporación de la neurociencia está sirviendo para cambiar del paradigma centrado en la enseñanza al centrado en el aprendizaje, y construir de esta forma un nuevo enfoque que conllevaría a reformular el sistema educativo (Morales, 2015). Ello implica el pasar de un modelo de enseñanza centrado en el docente, a uno centrado en el estudiante y su aprendizaje.

La neuroeducación se desarrolla y se desenvuelve en los cimientos básicos de la acción educativa, por una parte, en cómo aprender y memoriza la persona, y por otra, en cómo enseñar para que ese aprendizaje y memorización sea de la forma más eficaz posible; por tanto, podemos decir, que tratará de aspectos significativos de los dos agentes claves del proceso de enseñanza-aprendizaje; es decir, del docente y del discente. Por tanto, la neuroeducación sugerirá un marco teórico para saber cómo funciona el cerebro a la hora de aprender, para que enseñemos en función de ello; y por tanto para analizar los recursos educativos, tecnologías y objetos de aprendizaje que se movilizan en la enseñanza; asumiremos por tanto que el cerebro aprende desde diferentes vías, con diferentes recursos, y utilizando diversas estrategias y elementos del entorno y medio ambiente que rodea a la persona. Y, por tanto, que cuanto más enriquecedor sea el entorno creado, más favorecedor para el aprendizaje será, y facilitará pasar de lo perceptual a lo semántico y conceptual.

Realizadas estas matizaciones, es el momento de señalar algunas puntualizaciones que ofrecidas desde la neurociencia y que darán pautas para comprender las acciones que posteriormente abordaremos respecto a las TIC aplicadas en los contextos formativos. La primera es asumir que el cerebro es nuestro

órgano para el aprendizaje (Caballero, 2017; Di Gesú, 2017; Eagleman, 2017; Ortíz, 2015). “De hecho, es el órgano más complejo de nuestro cuerpo que nos permite percibir el mundo exterior, es el elemento clave que distingue la evolución de nuestra especie de las demás.” (Di Gesú, 2017, p. 24). Desde esta perspectiva podríamos decir que aprender y memorizar es un proceso de “cableado o recableado sináptico” del cerebro. (Di Gesú, 2017; Mora, 2014),

Otro aspecto significativo se refiere a que el cerebro está en “constante” transformación, evolución y cambio: es lo que se conoce como plasticidad. Plasticidad que como señala Eagleman (2017) es “la capacidad del cerebro para adaptarse creando nuevas conexiones nerviosas o modificando las ya existentes.” (p. 275). Cambios y evolución que vienen condicionados por lo que se ha denominado “reloj del cerebro”, que sugiere dos ideas: que el cerebro evoluciona constantemente (de ahí la significación que esta idea tiene en la sociedad del conocimiento con las fuertes transformaciones que en ella se dan), y que tiene unos ciclos específicos donde hay una mayor influencia en su desarrollo (de ahí que los docentes de esos ciclos deben prestarle más atención a la formación cerebral que otros).

Plasticidad neuronal que sugiere también un motivo de preocupación, puesto que la inmersión masiva en la tecnología digital por los jóvenes podría formalizar el cerebro en direcciones no adecuadas, pues como comentaremos, tenemos que tomar consciencia respecto a que los medios no solo dan información, sino que simultáneamente modifican nuestra estructura cognitiva. Como apuntó Watson (2001):

La tecnología digital es una invención maravillosa. Pero mi intuición me dice que le hemos empezado a pedir demasiado. Si todo se vuelve tan fácil, nuestra mente y nuestro cuerpo acabarán perdiendo su musculatura, su resiliencia y su creatividad. De ahí la necesidad de equilibrar lo rápido con lo lento, lo analógico con lo digital, lo físico con lo virtual, y lo local con lo lejano. (p. 193).

Este último aspecto permite llamar la atención sobre el cambio, y como señala Ortiz (2009): “es una de las características básicas del cerebro sano, los cerebros más sanos, los cognitivamente mejor preparados, son los más cambiantes.” (p. 37). Cambio que se presenta de forma radical en contra de un sistema educativo monótono y poco atractivo, donde la variable clave, no es la creación, sino la memorización y repetición.

Al lado del cambio, nos encontramos con la unidad, ya que cada cerebro es único e irrepitible, y no “existen dos personas que piensen, decidan o actúen de la misma forma.” (Morales, 2015, p. 20).

Ello directamente lleva a distintos aspectos, como: la existencia de diferentes estilos de aprendizaje y estilos cognitivos, y la presencia de diversos

tipos de inteligencia, las conocidas como “inteligencias múltiples” formuladas por Gardner (2001). Por tanto, en esa unidad, se da la diversidad, que debe ser contemplada por todo docente e institución educativa para la capacitación de sus estudiantes. Como apuntó Gardner (2001):

Si ignoramos tales diferencias, estaremos perpetuando un sistema que sólo satisface las necesidades de una élite, normalmente formada por quienes aprenden mejor de una manera concreta, casi siempre lingüística o lógico-matemática. Por otro lado, si tomamos estas diferencias en serio, cada persona podrá llegar con más plenitud su potencial intelectual y social. (p. 101).

Asumiendo esta diversidad de inteligencias, también debemos asumir que se deben percibir en cooperación, y no en funcionamiento aislado o individual. Desde la Neurociencia se ha puesto en duda la validez de esta teoría de las Inteligencias Múltiples, y todavía más la de los estilos de aprendizaje, pues el cerebro opera funcionalmente desde la polisensorialidad (Mora, 2018), y como señala Bueno (2017) aunque es cierto que la teoría de Gardner permitió desmontar el mito del cociente de inteligencia medido a partir de unos test determinados:

el cerebro funciona como un todo integrado, lo que hace que no sea realista describir la inteligencia como un conjunto parcelado de características relativamente independientes. ... lo cual no quita que a nivel psicológico pueda ayudar a entender la complejidad y la diversidad de la inteligencia humana. Y desde el punto de vista educativo ayuda a planificar actividades más completas y transversales, que incorporen más aspectos complementarios, dado que cuantas más redes neurales activemos, mejor guardada quedará la memoria y con más eficiencia la podremos utilizar. (pp. 43-44).

Desde la neurociencia se analizan tres elementos significativos para el aprendizaje en general, y en el mediático en particular: la memoria, la emoción y la atención. Por una parte, se encuentran la memoria y la atención. Por lo que se refiere a la primera, que tradicionalmente se la definió como “la capacidad de almacenar y recuperar la información” (Baddeley, 1984, p. 11), podemos distinguir distintos tipos que suelen especificarse en tres: memoria sensorial, a corto plazo y a largo plazo; que suelen indicar períodos diferentes a retención y archivo de la información, y formas diferentes de recuperación y actuación sobre la información procesada. Lo que ha llevado a algunos autores como Mayer (2003), a plantear en función de ellos el diseño de multimedia didácticas.

Refiriéndonos a la emoción, sería un error perder de referencia que la sorpresa, la incertidumbre y la inseguridad, se convierte en situaciones de enseñanza-aprendizaje, en variables significativas para activar nuestro

entramado eléctrico cerebral (y emocional), y llevarnos a producir productos divergentes y de interrogantes educativos. Como indican Marino y otros (2017), la emoción “implica un cambio súbito, expresado en un triple canal: conductual, cognitivo y fisiológico” (p. 49); por tanto, diríamos nosotros, alcanza y repercute en distintos planos de las acciones que realizamos. Por otra parte, y como sugiere Lucía (2010):

Las emociones matizan el funcionamiento del cerebro: los estímulos emocionales interactúan con las habilidades cognitivas. Los estados de ánimo, los sentimientos y las emociones pueden afectar la capacidad de razonamiento, la toma de decisiones, la memoria, la actitud y la disposición para el aprender. Un educador emocionalmente inteligente y un clima favorable en el aula son factores esenciales para el aprendizaje. (p. 6).

La significación de la inteligencia emocional que debe poseer el docente para llevar a cabo su actividad profesional de la enseñanza ya fue puesta de manifiesto por Goleman (1997) en su tradicional obra denominada “Inteligencia emocional”. Siendo la significación de la emoción de tal forma, que como dirá Mora (2014) “es la energía que mueve el mundo. Su importancia principal radica en que lo que se ve, se oye, se toca se paladea o se huele.” (pp. 41-42). Y este terreno de la emoción, ha estado tradicionalmente relacionado con la utilización de las TIC.

La atención es un componente clave para enseñar y aprender; es la base de la curiosidad, que despierta el interés, que repercute al mismo tiempo en un aumento de la atención; como dirán Carballo y Portero (2018): “La atención es la puerta de entrada al aprendizaje y condiciona de forma crítica los procesos de aprendizaje y memoria.” (p. 17). Por tanto, la acción del maestro y los recursos didácticos que utilice en el proceso de enseñanza-aprendizaje, debe excitar y provocar el cerebro, para que se desplace hacia la curiosidad. De ella podemos decir que “en todas sus variedades, constituye un valor mental que, pese a ser poco reconocido (y hasta subestimado, en ocasiones), influye muy poderosamente en nuestro modo de movernos por la vida” (Goleman, 2013, p. 13).

Capacidad que se está viendo disminuida en las nuevas generaciones con el mito de la multitarea, que “es en realidad el salto de una tarea a otra. Sucede cuando nos ocupamos de varias tareas de forma secuencial (la atención se desplaza del ítem A al B y al ítem C, etc.) o a alternarlas (la atención se desplaza entre los ítems A y B). Siempre que el cerebro pasa de centrarse del ítem A al B para volver de nuevo al ítem A, está implicada una pérdida cognitiva.” (Sousa, 2014, pp. 37-38). Y ello está repercutiendo, por ejemplo, en que los estudiantes estén perdiendo la competencia de leer textos complejos.

Asumir principios de la neurociencia es también tener presente los neuromitos o mitos que sobre el cerebro se están extendiendo. Identificados por Mora (2018) en los siguientes: a) solo utilizamos el 10% de nuestro cerebro, b) tenemos un cerebro derecho y otro izquierdo con funciones diferentes, c) la significación de los estilos de aprendizaje, d) el llamado efecto Mozart, e) el mito del cerebro normal, y d) la explicación del cerebro como un ordenador.

Finalmente indicar que Marina (2012) articula en cuatro las ayudas que el profesorado puede obtener de la neurociencia: entender el proceso educativo, resolver trastornos de aprendizaje de origen neurológico, mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje, y establecer sistemas eficientes de interacción entre cerebro humano y tecnología. Y es en la última, en la que vamos a centrarnos a partir de este momento.

## **2. La galaxia mediática digital: sus posibilidades, influencias cognitivas y visiones desde la neurociencia**

Diferentes características de la sociedad actual influyen en la necesidad de transformación del sistema educativo: la complejidad de la sociedad actual, la fuerte presencia de las TIC, la amplitud de información, y la extensión de los escenarios de aprendizaje. Nunca el docente ha contado con tanta tecnología para desarrollar su actividad profesional de la enseñanza como actualmente.

Sabemos que lo que estamos diciendo tiene sus puntos negros, ya que es cierto que la innovación tecnológica no está uniformemente distribuida y que ello no está ocurriendo en todos los lugares de la misma forma, y que existe una brecha digital entre países, zonas y centros; pero también lo es, que los períodos de acercamiento tecnológico son cada vez más cortos que en otros momentos históricos.

En otro trabajo indicamos (Cabero y Barroso, 2015) algunas de las posibilidades que tienen las TIC para el aprendizaje, digamos aquí solamente que lo hacen cada vez más ubicuo y descontextualizado de los lugares tradicionales, y más cercano a los momentos temporales y espaciales en los que se necesita, lo que es muy significativo cuando nos desenvolvemos en una “sociedad de aprender a aprender” o “del aprendizaje constante.” Lo que llevará a que los escenarios futuros de formación serán cada vez más producto de la combinación de los escenarios analógicos-reales y los digitales-virtuales que en combinación aportarán nuevas realidades para analizar y comprender la información, como está ocurriendo con la Realidad Aumentada.

La amplitud de tecnologías incorporadas a la educación hace que cada vez estemos en entornos mejorados por ellas ("Technology Enhanced Learning

Environment"), en el sentido que cualquier contexto que facilite la adquisición de conocimientos y habilidades puede ser considerado como un entorno de aprendizaje, y que cualquier entorno de aprendizaje que esté apoyado por las TIC puede ser considerado un entorno de aprendizaje mejorado por la tecnología.

Cada vez es más fácil ofrecer al estudiante una diversidad de medios a través de los cuales puede interactuar con la información, medios que por sus características facilitarán crear contextos y experiencias diferenciadas de aprendizaje y que permitirán la presentación de la información de maneras específicas. El entorno más rico para el aprendizaje es el multimedia, es decir aquel que le ofrece al estudiante y al profesor una diversidad de objetos de aprendizaje, para poder interactuar con la información, y ello es cada vez más fácil por la existencia de una amplitud de tecnologías que se movilizan en este lenguaje, y porque gracias a la digitalización se favorece la producción de recursos transmedia.

Relacionado con lo anterior, nos encontramos con que una de las grandes posibilidades de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) es la de elaborar mensajes, movilizando diferentes sistemas simbólicos: visuales, auditivos, cinéticos, textuales...; tanto de forma individual, como en interacción. Ello facilita crear entornos altamente atractivos para los estudiantes, que faciliten captar y retener la atención de los estudiantes, atención que "es la puerta de entrada al aprendizaje y condiciona de forma crítica los procesos de aprendizaje y memoria." (Carballo y Portero, 2018, p. 17).

Tal elaboración puede hacerse de tal manera que le suponga la presentación de diferentes retos cognitivos, que hagan que deba movilizar un claro esfuerzo cognitivo, pues no debemos olvidar que las inteligencias, se educan, se perfeccionan y se configuran, en la interacción con las demandas y retos que le ponga el medio ambiente al individuo.

En cierta medida lo que proponemos, es la utilización de las TIC para provocar y potenciar desequilibrios cognitivos, entre la preferencia cognitiva del sujeto para aprender a través de determinados sistemas simbólicos, y el tipo de experiencia ofrecida. Desequilibrio que en sí mismo se convertirá en una variable procesual significativa para el aprendizaje. El esfuerzo, sea sensorial, físico o cognitivo, es una variable crítica para el aprendizaje y que posiblemente deba ser recogido y replanteado desde las viejas teorías pedagógicas. Los resultados que se van recogiendo de los logros que pedagogías "sensibles" han alcanzado en términos de ganancias y fracasos académicos, al menos así nos lo sugieren. No debemos olvidar que el cerebro es muy práctico, y lo que no se usa lo olvida.

Lo comentado nos sugiere un nuevo rol para el profesor que se convierte en un diseñador activo de situaciones para que se produzca el aprendizaje,



abandonando su función tradicional de transmisor de información y evaluador de los aprendizajes.

Ahora bien, si los comentarios realizados se refieren y se centran en el componente sintáctico de la tecnología, también en su dimensión semántica, referida a la forma de estructurar los contenidos, las TIC pueden ofrecer con facilidad y flexibilidad diferentes versiones de los contenidos. En el sentido anterior, son ya clásicos los estudios y experiencias realizados, donde se han diseñado diferentes versiones del mismo material, movilizándolo sus componentes sintácticos y semánticos, y cómo las distintas versiones han repercutido de forma específica en función de los estilos cognitivos de los estudiantes.

Respecto a lo comentado anteriormente, nosotros en una investigación sobre el diseño de los vídeos didácticos (Cabero, 1989), encontrando que formas diferentes de diseñarlos, se relacionaban con diferentes estilos cognitivos de los estudiantes, en nuestro caso se analizaron con el de dependencia-independencia de campo, y el de reflexividad-impulsividad, así como la cantidad de esfuerzo mental que los estudiantes invertían a la hora de procesar la información

Lo que venimos a señalar es que el diseño de materiales efectivos para facilitar el aprendizaje requiere la comprensión y la apreciación de cómo las personas aprenden. Por otra parte, como se pone de manifiesto desde el constructivismo, los materiales que propician entornos más significativos y ricos para el aprendizaje son aquellos que son ricos en diversos aspectos, y que facilitan la exploración e interacción del sujeto sobre ellos.

Las aportaciones que desde la psicología cognitiva y del procesamiento de la información, y la neurociencia, nos sugiere percibir las TIC no solo como transmisoras de información, sino que al mismo tiempo su utilización modifica nuestra estructura y habilidades cognitivas, siendo esto debido a dos motivos fundamentales: “a) tanto los medios como la inteligencia humana emplean símbolos para representar, almacenar y manipular la información, y b) algunos de los sistemas simbólicos empleados en la cognición son adquiridos desde los sistemas simbólicos empleados por los medios” (Clark y Salomon, 1986, p. 405).

Un ejemplo de lo que decimos son las características del cerebro de los taxistas londinenses (Maguire y otros, 2001, Woollett y Maguire, 2011); ya que para obtener la licencia deben superar “The Knowledge”, para el cual deben memorizar más de 25000 calles y miles de lugares. La autora demostró que es mayor el hipocampo posterior de estas personas que en otras. Posiblemente ello se deba al sometimiento a trabajar cognitivamente con mapas y callejeros que son gráficos, y al haber desarrollado en consecuencia más la memoria espacial.

Por su parte Ortega y Fernández (1996) señalan como la formación y alfabetización visual de las personas, influyen notablemente en el desarrollo

de la inteligencia y en la potenciación de determinados estilos cognitivos de procesamiento. Al mismo tiempo Small y Vorgan (2009), sugieren que el cerebro de los alumnos es altamente plástico, pero advierten de que puede ser más de desarrollar ciertas regiones del cerebro, y descuidar otras. Concretamente, les preocupa que los juegos y otras actividades digitales parecen suprimir la actividad en el lóbulo frontal, la región responsable de la planificación, el pensamiento abstracto, y la toma de perspectiva cerebro. Temen que las horas pasadas en la computadora en lugar de la lectura de libros podrían estar desarrollando el lóbulo temporal a expensas del lóbulo frontal, dejando a una generación de estudiantes que no pueden pensar profunda y reflexivamente, controlar los impulsos, o sentir empatía por los demás.

Un autor clave en esta visión cognitiva de las TIC ha sido Salomon (1974), que ha formulado tres teorías: la de la suplantación, la del esfuerzo mental invertido y la de la transferencia cognitiva vía medios (Cabero, 1989; Cabero y otros, 1993 y 1995), y que indica como todas las tecnologías son el resultado de la interacción de tres elementos: los sistemas simbólicos movilizados para elaborar los mensajes, el mensaje, y la tecnología que los empaqueta, formaliza y transmite. En base a ello definimos en su momento los medios de enseñanza como:

... elementos curriculares que, por sus sistemas simbólicos y estrategias de utilización, propician el desarrollo de habilidades cognitivas en los sujetos, en un contexto determinado, facilitando la intervención mediada sobre la realidad, y la captación y comprensión de la información por el alumno (Cabero, 1989, p. 60).

Para Olson (1989), el punto de partida de esta visión cognitiva de los medios es que "... la inteligencia no es simplemente una cualidad básica de la mente, sino un producto de la relación entre las estructuras de la mente y las tecnologías del intelecto, que son los mecanismos culturales que las personas utilizamos para pensar" (p. 405). Y en este sentido debemos ser conscientes de que el "lenguaje no solo expresa el pensamiento, sino que le da forma" (Lipina y otros, 2016, p. 5). Y esto mismo pasa con la adquisición de tecnologías, que transforma nuestra forma de interaccionar con el medio ambiente y por tanto cambia nuestra forma de pensar.

A otro nivel, esta significación de los sistemas simbólicos podemos observarla, en aquellas personas cuya actividad profesional gira en torno a la programación informática, que suelen utilizar un razonamiento más analítico que sus homólogos en edad, nivel cultural y género. O en el caso de la decodificación de imágenes, ya que frente a los que planteaban que existía un único y generalizable recorrido visual frente a la imagen, los estudios

han puesto de manifiesto que se tienden a desarrollar patrones individuales de seguimiento literario icónico, en función de una diversidad de variables como son: la cultura de procedencia del lector ya que no tenderá a leer una imagen de la misma forma un europeo que un árabe, la experiencia previa que tengamos con los estímulos icónicos visuales (Vilches, 1983), y nuestros estilos cognitivos de procesamiento. Recientemente la utilización de la técnica “eye tracking”, está ofreciendo nuevos conocimientos respecto a la interacción visual que los estudiantes realizan sobre la información aparecida en las pantallas (Navarro y otros, 2016).

Lo que estamos indicando es que la interacción que establecemos con las tecnologías tiene una serie de efectos cognitivos sobre nosotros. Y en este sentido entendemos por efecto, el “... cambio cognitivo como consecuencia de la exposición a, o interacción como con algunos estímulos.” (Salomon, 1990, p. 29).

Pero debemos contemplar que los posibles efectos cognitivos que tiene la exposición ante los medios, no se desarrollan en una única línea (Salomon, 1992); es necesario diferenciar entre efectos “con” y “de” la tecnología, ya que cada uno tendrá repercusiones diferenciadas, tanto en lo cognitivo como en el alcance y la durabilidad del efecto.

Los efectos “con” tienen que ver con los cambios en el rendimiento, manifestados por los estudiantes mientras interaccionan con las tecnologías, tal interacción influirá directamente en lo que hacen, la calidad con que lo hacen y en cuanto tiempo lo hacen. Por el contrario, los efectos “de” las tecnologías, se refieren a las transformaciones relativamente duraderas que tienen lugar en los estudiantes como consecuencia de haber estado expuestos a la interacción con las tecnologías; aquí nos referiremos a los segundos que son aquellos que influyen de forma permanente en la cognición, y que por lo tanto condicionan y determinan el procesamiento de la información por parte del individuo, y lo llegan a caracterizar. Como señala Bavelier y otros (2016): “... la pregunta central para los investigadores no es si la tecnología está afectando el desarrollo cognitivo, ya que esto es un hecho. Por el contrario, la pregunta es cómo está afectando la tecnología en el desarrollo cognitivo.” (pp. 34-35).

Recientemente está despertando un verdadero interés la temática de las consecuencias cognitivas que está teniendo la exposición a Internet, como están llamando la atención diferentes autores (Carr, 2011 y 2014; y Watson, 2011). Como afirman García y Juanes (2013):

La tecnología que usamos cotidianamente es capaz de modificar nuestro cerebro mucho más de lo que creemos. Los hallazgos científicos de las últimas décadas han demostrado que el cerebro es un órgano plástico, constituido por

neuronas capaces de regenerarse y de sufrir una remodelación permanente en respuesta a las experiencias que vivimos. (p. 48).

Y en un contexto tecnológico de sobreestimulación los alumnos están empezando a presentar características cognitivas diferentes a los estudiantes de otro momento histórico, como, por ejemplo: son multitareas y tienden a pasar de forma rápida y urgente de una tarea a otra, necesitan la inmediatez en las acciones y resultados, y tendencia a lo visual y audiovisual frente a lo impreso. Ello está repercutiendo en la pérdida de su capacidad de atención y concentración, y a la dificultad en la movilización de un pensamiento profundo; de ahí que los docentes estén manifestando la dificultad que tienen para mantener el control de la clase, capturar la atención de sus estudiantes, y hacer que se concentren en la realización de las tareas.

Bajo esta perspectiva Carr (2011) y Watson (2011) han expuesto que el tiempo que los jóvenes pasan expuestos a esta tecnología está repercutiendo para modificar su cerebro, por una parte haciendo que los jóvenes sean cada vez más capaces y eficaces realizando varias tareas al mismo tiempo, aunque ello supongan un fuerte carga cognitiva, es decir tienen una fuerte capacidad multitarea, pero perdiendo su capacidad de concentración y de situarse ante determinadas situaciones, y de resultarles difícil la exposición a determinados medios como los libros y el escribir textos largos. Lo que lleva a los autores anteriormente citados a indicar que Internet está cambiando no solo los comportamientos y las costumbres de las personas, sino también su forma de pensar. De una forma un poco catastrófica, Watson (2011) apunta: “La era digital también está erosionando nuestra capacidad de concentración. La calidad de nuestro pensamiento y en última instancia de decisiones está sufriendo.” (p. 13).

Esta fuerte interacción tecnológica plantea diversos problemas pues nuestros jóvenes:

están muy desconectados de sus semejantes y mucho más conectados que nunca, por el contrario, con las máquinas, una situación que, por razones muy diversas, resulta inquietante. Por una parte, los circuitos sociales y emocionales del cerebro infantil aprenden a través del contacto y la interacción con las personas con las que se relacionan. Y, como esas interacciones moldean los circuitos cerebrales, el aumento del tiempo que pasan con los ojos clavados en una pantalla digital, con el consiguiente detrimento del que dedican a relacionarse con otros seres humanos, no augura nada bueno (Goleman, 2013, p. 17.)

Para una correcta comprensión de lo que hemos venido a decir, es importante comprender que los efectos cognitivos de los medios no

dependen exclusivamente de la tecnología, sino que influyen otros factores, que van desde su diseño, el contexto donde se utilicen, y las estrategias metodológicas empleadas. No vayamos a caer en el error de asumir de nuevo la teoría “hipodérmica” que imperó durante bastante tiempo en la teoría del funcionamiento cognitivo de los “mass-media”.

Un autor que ha mostrado una teoría para diseñar materiales multimedia, y que pueden transferirse a otros, desde la perspectiva cognitiva ha sido Mayer (2003). Para él, moviéndose dentro de la teoría del procesamiento de la información, en el aprendizaje se retiene mejor la información cuando se usan palabras e imágenes; es decir, cuando existe una redundancia de la información por diferentes sistemas simbólicos y estructuras semánticas.

Su punto de partida es que nosotros podemos diseñar los materiales educativos desde dos grandes aproximaciones: a) aproximación centrada en la tecnología, que es la forma más sencilla de diseñarlo y se refiere a cómo incorporar diferentes elementos en su producción, y b) aproximación centrada en el estudiante. En el primer caso consideramos en los multimedia dos posibilidades: como adquisición de información y como construcción de conocimiento; en el primero es un sistema de distribución de información, y en el segundo una herramienta cognitiva. Ello le lleva a plantear una serie de principios para el diseño de materiales multimedia, que van desde indicar que el estudiante aprende más desde las palabras y las imágenes que desde las palabras solo; cuando las palabras e imágenes que se corresponden se presentan simultáneamente, antes que sucesivamente; o que se aprende mejor desde la animación y la narración, que desde la animación y el texto sobre pantalla.

Lo comentado indica que factores como la emoción, la sorpresa, la interacción social, son algunos de los integrantes a considerar en el aprendizaje, y para ello puede ser interesante incorporar más tecnologías en los salones de clases, para crear entornos más enriquecidos para el aprendizaje, y al respecto contamos con una diversidad de tecnologías que favorecen la atención, la emoción, pues son bastante interactivas y participativas, y entre ellas podemos señalar los videojuegos, la gamificación, los simuladores, la realidad aumentada y virtual, y la robótica. Sin olvidarnos de toda la galaxia tecnológica que están apareciendo desde la web 2.0. Aunque sobre ellas habrá que establecer prácticas educativas bajo la perspectiva de la neurociencia, donde los estudiantes deban mover acciones como la de producir objetos digitales. La acción es otro de los aspectos que favorece el aprendizaje como indica la neurociencia, y las TIC pueden ofrecer bastantes posibilidades para interactuar con la realidad o con su simulación.

Por otra parte, el diseño de los materiales tecnológicos puede hacerse enfatizando la repetición, que es uno de los factores principales que utiliza el cerebro para determinar "la eficiencia y la estabilidad de estas conexiones sinápticas" (Carballo y Portero, 2018, p. 40).

Finalmente señalar, que sabemos que la educación es algo más que conexiones neuronales, pero no debe haber la menor duda que las aportaciones del estudio del cerebro y cómo aprendemos con él que se están llevando desde la neurociencia, nos dan pistas para formalizar una enseñanza de calidad que motive y emocione al estudiante.

### Referencias bibliográficas

- BADDELEY, A. (1984). *Su memoria: cómo conocerla y dominarla*. Madrid: Debate.
- BAVELIER, D. y et al. (2016). *En Pensar las TIC desde la ciencia cognitiva y la neurociencia*. Barcelona: Gedisa.
- BUENO, D. (2017). *Neurociencia para educadores*. Barcelona: Octaedro.
- BURGOS, H. y CASTILLO, A. (2018). Hacia un cerebro que aprende. En A. Batista (coord.). *Neurociencia, neurodidáctica y Tecnología Educativa*. Panamá: Combate.
- CABALLERO, M. (2017). *Neuroeducación de profesores para profesores*. Madrid: Síntesis.
- CABERO, J. (1988). Revisión bibliográfica sobre Gabriel Salomon. *Revista de Investigación Educativa*, 4(8), 5-17.
- CABERO, J. (1989). *Tecnología educativa. Utilización didáctica del video*. Barcelona: PPU.
- CABERO, J. et al. (1993). Esfuerzo mental y percepciones sobre la televisión/ vídeo y el libro. *Bordón*, 45(2), 143-153.
- CABERO, J. et al. (1995). Predisposiciones hacia la televisión/video y libro: su relación con algunas variables. *Pixel-Bit. Revista de medios y educación*, 4, 77-89.
- CABERO, J. y BARROSO, J. (coords.) (2015). *Nuevos retos en tecnología educativa*. Madrid: Síntesis.
- CARBALLO, A. y PORTERO, M. (2018). *10 Ideas clave. Neurociencia y educación. Aportaciones para el aula*. Barcelona: Graó.
- CARR, N. (2011). *¿Qué está haciendo internet con nuestras mentes? Superficiales*. Madrid: Taurus. <https://doi.org/10.12795/AdMIRA.2011.01.11>
- CARR, N. (2014). *Atrapados. Cómo las máquinas se apoderan de nuestras vidas*. Madrid: Taurus.

- CLAK, R. y SALOMON, G. (1986). Media in teaching. En M.C. Wittrock, *Handbook of research on teaching* (pp. 464-478). Londres: Collier Macmillan.
- DI GESÚ, F. (2017). La neurodidáctica como transdisciplina. En M. Veyrat (coord<sup>a</sup>). *Novaling: lingüística y tecnología* (pp. 17-48). Valencia: Tirant Humanidades.
- EAGLEMAN, D. (2017). *El cerebro*. Barcelona: Anagrama.
- GARCÍA, J. y JUANES, J.A. (2013). El cerebro y las TIC. Teoría de la Educación. *Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 14 (2), 42-84.
- GARDNER, H. (2001). *La inteligencia reformulada. Las inteligencias múltiples en el siglo XXI*. Barcelona: Paidós.
- GOLEMAN, D. (1997). *Inteligencia emocional*. Barcelona: Kairos.
- LIPINA, S. et al. (2016). Aportes de la ciencia cognitiva y la neurociencia al desarrollo de las TIC. En S. Lipina, M. Sigman y D. Fernández (eds.). *Pensar las TIC desde la ciencia cognitiva y la neurociencia* (pp. 15-31). Barcelona: Gedisa.
- LUCÍA, A. (2010). Neuroeducación: uniendo las neurociencias y la educación en la búsqueda del desarrollo humano. *La educ@ción*, 143, 1-10.
- MAGUIRE, E. y et al. (2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(8), 4398-4403. <https://doi.org/10.1073/pnas.070039597>
- MARINA, J.A. (2012). Neurociencia y educación. *Participación educativa*, 1(1), 7-14.
- MARINO, J. et al (2017). *Neurocinencia de las capacidades y los procesos cognitivos*. Córdoba: Brujas.
- MAYER, R.E. (2003): *Multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- MORA, F. (2014). *Neuroeducación. Solo se puede aprender aquello que se ama*. Madrid: Alianza.
- MORA, F. (2018). *Mitos y verdades del cerebro*. Barcelona: Paidós.
- MORALES, M. (2015). Las bondades del cerebro para su aplicación en el aula. E.M. Morales, M. y H. Burgos, (comp). *Descubriendo un cerebro que aprende en el aula* (pp.19-38). Santiago de Chile: Universidad Santiago de Chile.
- NAVARRO, O. et al. (2016). Utilización de eye tracking para evaluar el uso de la información verbal en materiales multimedia. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 48, 51-66. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2016.i48.04>
- OLSON, D.R. (1989). El ordenador como instrumento de la mente. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 2, 51-57. <https://doi.org/10.1080/02147033.1989.10820883>

- ORTEGA, J.A. y FERNÁNDEZ, E. (1996). *Alfabetización visual y desarrollo de la inteligencia*. Granada: Fundación Educación y Futuro.
- ORTÍZ, T. (2009). *NeuroCiencia y educación*. Madrid: Alianza.
- ORTÍZ, A. (2015). *Neuroeducación. ¿Cómo aprende el cerebro humano y cómo deberían enseñar los docentes?* Bogotá: Ediciones de la U.
- SALOMON, G. (1974). What is learned and how it is taught: the interaction between media, message, task and learner. En R. Olson: *Media and symbol: the forms of expression* (pp. 383-406). Chicago: University of Chicago.
- SALOMON, G. (1979). *Interaction of media, cognition and learning*. Londres: Jossey-Bass.
- SALOMON, G. (1990). Cognitive effects with and of computer technology. *Communication Research*, 17(1), 26-44. <https://doi.org/10.1177/009365090017001002>
- SMALL G. y VORGAN, G. (2009). *El cerebro digital*. Barcelona: Urano.
- SOSA, D. (2014). La fisiología del cerebro. En D. Sousa (ed.) (2014). *Neurociencia educativa. Mente, cerebro y educación* (pp. 19-46). Madrid: Narcea.
- VILCHES, L. (1983). *La lectura de la imagen*. Barcelona, Paidós Watson, R. (2011). *Mentes del futuro*. Barcelona: Vicerversa.
- WOOLLETT, K. y MAGUIRE, E. (2011). Acquiring 'the Knowledge' of London's Layout Drives Structural Brain Changes. *Current Biology*, 21(24-2), 2109–2114. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.11.018>