

# El acierto de las equivocaciones: Aportaciones de la neurociencia cognitiva al proceso de aprendizaje

## The success of the mistakes: Contributions of cognitive neuroscience in the learning process

David Gamella González\*

Recibido: 01-4-2019

Aceptado: 19-6-2019

### Resumen

Las nuevas técnicas de neuroimagen nos están permitiendo explorar con gran precisión el comportamiento cerebral humano a nivel anatómico y electromagnético. Desde la creación del "Proyecto Brain" auspiciado por Obama (2001) la investigación neurocientífica en todo el mundo está aportando enfoques innovadores, que cuando son observados desde el prisma de la educación, adquieren si cabe, una relevancia mayor de cara a desarrollar metodologías de aprendizaje que operen a favor de la mecánica operacional de nuestro cerebro. De esto se deriva la necesidad de recondicionar las estructuras educativas para facilitar el desarrollo de una pedagogía coherente con las evidencias científicas.

Nuestro objetivo es analizar cuál es el modelo predominante en el sistema educativo ante la gestión de fallos para poder definir así un modelo de enseñanza más eficiente. Para ello comparamos dichas dinámicas con las aportaciones que la neurociencia cognitiva nos ofrece. Con ello establecemos la influencia que puede llegar a tener una visión negativa de los errores para las futuras experiencias de aprendizaje. Las conclusiones se construyen desde en el principio de que nuestro cerebro necesita errar para establecer de forma correcta el aprendizaje y que por tanto, evitarlos, entenderlos como algo negativo, dificulta la adquisición de esta capacidad y de la búsqueda de situaciones nuevas que requieran el manejo del binomio ensayo y error en todos los ámbitos de la vida.

### Abstract

New neuroimaging techniques are allowing the exploration of the human brain's behavior at the anatomical and electromagnetic level with great precision. Since the creation of the Brain Project sponsored by Obama (2001), neuroscientific research throughout the world is providing innovative approaches with significant contributions to education. From this rises the need to readjust educational structures in order to facilitate the development of a pedagogy consistent with the new scientific evidence.

Our goal is to analyze what is the predominant model to deal with mistakes in the education system in order to delineate a more efficient teaching system. For this end, we incorporate into our analysis the findings of cognitive neuroscience. Through this evaluation we establish how our learning capacities are affected by having a negative perception of mistakes. The baseline assumption is that the brain needs mistakes in order to establish an improved path for the learning process. Avoiding mistakes because they are viewed as negative, hinders our learning capacity which is necessary for the trial and error process present in all aspects of our life.

\* david.gamella@cardenalcisneros.es

## 1. A vueltas con la equivocación

En tiempos de fake news, tiene mala prensa la equivocación. Los concursos televisivos, las carreras políticas, los diagnósticos médicos o los equipos deportivos nos muestran la baja tolerancia hacia las acciones fallidas. Por eso solemos disimularlas, evitarlas y penalizarlas. En el mundo profesional los errores tienen nefastas consecuencias, máxime cuando afectan a la integridad de las personas. ¿Sucede acaso lo mismo en la educación? ¿Gestionamos de igual manera nuestras equivocaciones?

El progreso escolar se articula sobre el binomio del acierto y el fallo, que tienen las formas de aprobado o suspenso. Y lo es hasta tal punto que parece ser el único objetivo operativo que nos importa cuando somos alumnos (y profesores) ¿Qué tengo que hacer para aprobar? Una pregunta que a todos nos resuena. El error se penaliza y el acierto se premia, lo cual no nos sitúa muy lejos de los ámbitos antes señalados.

Hace no pocas generaciones los alumnos que suspendían quedaban señalados, ocupando el fondo de la clase, una especie de destierro para los parias del error. Estaban mal considerados hasta que no lograban abandonar esa zona de exclusión, gracias al salvoconducto que todos conocemos. Esto ha configurado durante muchos años un modelo de aprendizaje basado en la observación de una sola regla: saber reproducir la respuesta válida.

Nuestro objetivo es reflexionar sobre la relación interior, sobre la gestión cognitiva que mantenemos con nuestros errores y cómo esto determina la forma en la que realizamos nuestros aprendizajes. Un fallo en una respuesta es una señal que puede indicar que no tenemos suficientes habilidades o conocimientos, pero también que no hemos prestado la atención adecuada a la tarea. La experiencia de encontrarnos con un obstáculo constituye en sí misma un aprendizaje situacional que además puede interferir en la gestión de nuevos aprendizajes y en la forma en que los gestionaremos en lo sucesivo (Giordan, 1985).

Es en la escuela donde se nos presentan muchas oportunidades para comprobar esta operatividad. Estamos escolarizados obligatoriamente hasta los 16 años. Esto implica muchas horas de exposición a modelos de pensamiento que pueden ayudarnos o no en el desarrollo de nuestras capacidades. Todas las vivencias, tanto las escolares como las que se dan en el entorno familiar y social, influyen en nuestro carácter, establecen estilos del yo y determinan un sistema de creencias del que luego es difícil deshacerse, salvo realizando un ejercicio sistemático de consciencia y autoanálisis. Si hemos interiorizado que la equivocación se penaliza, nos penaliza, ¿cómo vamos a tomar decisiones en la vida que comporten un riesgo, que impliquen autonomía? ¿Cómo vamos a entender la vida como el acto creativo que es, sino nos ayudan a entender que todo está en continuo cambio y evolución? Viene bien recordar el famoso argumento de Maslow (1966) acerca

de que cuando vemos una herramienta como algo fijo (un martillo), todo lo trataremos de forma correlativa (como clavos).

La escuela siempre ha estipulado unos estándares unívocos que combinan trabajo y resultado. Si cumplimos con esa lógica todo irá bien. ¿Pero qué pasa con quienes tienen otra manera de aprender o se sienten llamados por un desarrollo diferente de los contenidos? Cada persona tiene un nivel de motivación que responde a unos estímulos determinados, lo cual marca una diferencia entre buena respuesta y respuesta buena. Cuando nos enfrentamos a tareas que no nos suscitan el interés suficiente, ofrecemos un modo de atención de baja calidad y por tanto nuestra participación es deficiente. La teoría de las inteligencias múltiples (Gardner, 1983) vino en cierta medida al rescate de esos alumnos inadaptados a quienes la escuela tradicional no ofrecía posibilidades de desarrollo fuera de sus cánones. Si hay diferentes modos de resolver y encarar un problema, existen por tanto diversas maneras de aprender y por ende, deberían existir maneras alternativas de enseñar alternativas.

Por suerte la vida siempre se abre paso y a pesar de la escuela muchas personas, saltando sus barreras, han realizado notables aportaciones a la sociedad, haciendo de la incorrección y la desobediencia un trampolín para la innovación y el emprendimiento. Recordemos nombres como John Gurdon, Stephen Hawking, Évariste Galois, Oprah Winfrey, Eric Clapton, Paul Mc, Pablo Picasso, Craig Venter, Olly Olsen, JK Rowling, Bill Gates o Steve Jobs entre otros, a los que se les calificó como deficientes, académicamente hablando.

## 2. La facultad de equivocarnos

Es conocida la respuesta de Alba Edison, otro escolar fallido, a las críticas de un periodista sobre sus múltiples fracasos con el filamento de tungsteno. Él argumentaba que había encontrado 999 maneras de saber cómo no se hace una bombilla. Esta perspectiva es un ejemplo evidente de una mente orientada al desarrollo, a la posibilidad que ofrece el “todavía no”, tal y como gustan de calificar en una escuela de Chicago a sus alumnos (Dweck, 2014). Esto implica asumir los errores como parte sustancial del aprendizaje. El error no es una falla del pensamiento sino la alarma que refleja que estamos en un proceso de búsqueda (Martinand, 1981). El fallo se contempla así como un puente que prolonga el camino hacia otras posibilidades del ser, del hacer, en línea con las corrientes constructivistas de la educación. Qué gran acierto sería desarrollar una cultura del error como estímulo, como fuente preciada de información, como señal de que la senda ha de trazarse por otro lado y de que eso es posible.

En los años de docencia universitaria hemos observado una característica común en las jóvenes promociones. Sorprende una mentalidad tan paralizada en tan cortas edades, siempre hablando en términos generales. Muchos y muchas estudiantes manifiestan im-

plícita o explícitamente miedo a equivocarse y esto les frena. En el área de artes plásticas de los grados de Educación Infantil, Primaria y Educación Social en los que habitualmente trabajamos, observamos cómo su capacidad de aprendizaje está limitada, cuando se les pide arriesgarse, inventar, imaginar, ser resolutivos. Les aterroriza “no hacerlo bien” y que podamos notarlo. Paliar esta tendencia nos obliga a ocupar unas 7 semanas, la mitad del tiempo de la asignatura, desmontando este modelo de creencias que nunca debieron haber sido adquiridas. Es necesario hacerles experimentar de nuevo su capacidad creativa y expresiva para recuperar el sentido del juego, de la exploración, de la curiosidad, etc.

Al hilo de esto también se observa una cierta rigidez metodológica a la hora de enfrentar tareas nuevas que impliquen pensar de forma divergente, saliéndose de lo establecido. Parecen sentirse más cómodos con trabajos rutinarios en los que se siga la pauta de un protocolo conocido y por ende, fácil. La iniciativa propia está supeditada a la llegada de una orden, como si hubieran sido ensamblados en una cadena de montaje. Pero lo que es más sorprendente es que cuando se les refleja su baja tolerancia a la frustración, se incomodan y rechazan, con cierto carácter conformista, cualquier tipo de esfuerzo por cambiarlo. Son minoría los que han adquirido una mentalidad de crecimiento hacia el aprendizaje (Moser, Schroder, Heeter, Moran y Lee, 2011), esa que les permite ver los errores como oportunidades para aprender y mejorar mediante el esfuerzo.

Hablábamos de creencia porque no hay un elemento disfuncional que evidencie su incapacidad, sino más bien un subdesarrollo generado por innumerables ejercicios en los que se premiaba la respuesta única, el pensamiento uniformado, el no cesar de hacer “Copy, Paste”, sin reflexión alguna. En el caso de las artes plásticas se puede constatar con facilidad la notable falta de habilidades manuales, la nula reflexión sensitiva y estética o el deficiente manejo de sus capacidades creativas e imaginativas. Gracias a nuestra neuroplasticidad sabemos que esto es algo reversible, aunque no exento de un esfuerzo constante, de un enfoque abierto que desmitifique el concepto no saber y el concepto equivocarse por la idea de pruebo, observo y busco un cambio. Lo más doloroso es que manifiestan las mismas actitudes ante su futuro, ante la vida, ante los retos.

¿Cuánta responsabilidad tiene el periodo educativo anterior a la universidad en todo esto, cuando en la infancia y la adolescencia sufrimos ese proceso selectivo de poda neuronal que determina en cierta medida nuestras funciones cognitivas de por vida?

### 3. Aprender a aprender, para enseñar a aprender a aprender

Usábamos antes la palabra neuroplasticidad. El cerebro está predispuesto para el cambio (Merzenich, 2004). Dispone de mecanismos altamente eficaces para aprender que se van

apoyando en estructuras elaboradas por las experiencias pasadas. Para los neurocientíficos es sinónimo de posibilidad, de cambio a nivel conectivo, pero también anatómico. Cajal ya apuntaba que “todo ser humano puede ser, si se lo propone, el escultor de su propio cerebro” (1906). Este acontecimiento que se replica durante toda la vida es la base del reaprendizaje, esa habilidad que una sociedad condicionada por la volatilidad, la incertidumbre, la complejidad y la ambigüedad que albergan el concepto VUCA (1990) y las teorías del mundo líquido de Bauman (1991) no puede eludir.

Los futuros docentes son los constructores educativos de esa sociedad inminente que camina hacia la ultra tecnificación y en la que no se debe desatender aquello que las máquinas nunca podrán aportar. Su formación está basada en adquirir procedimientos de enseñanza que sirvan para inculcar habilidades y contenidos orientados, tanto al mundo exterior como al mundo interior. Han de enseñar a integrar el saber implícito y el saber explícito a través de la consciencia necesaria para saber reconocer lo que sabemos, sentimos, afirmamos o proponemos, y además aprender a hacer un uso responsable de todo ello. Los profesores por extensión, son neuroarquitectos llamados a diseñar espacios flexibles y abiertos al cambio que, siguiendo con la metáfora, puedan albergar cualquier decoración, cualquier actividad.

En la realidad, en los centros de formación de profesorado se enseña a enseñar, contenidos. Muchas veces perdemos la referencia que Plutarco remarcaba acerca de cómo la educación debía poner su énfasis no en llenar un cubo, sino en encender un fuego (90 d.C). Sin saber generar interés y aprecio por descubrir el mundo, cualquier esfuerzo educativo es un mero derroche. Ningún plan de estudios repara en los mecanismos de aprendizaje que la neurociencia cognitiva y la neurodidáctica están aportando en las últimas décadas. Entre otras cuestiones, nos aconseja cuidar el desarrollo de la consciencia y la atención plena para ser mejores receptores del aprendizaje y desarrollar capacidades de escucha, empatía y autoobservación, libres de distrés (Mañas, Franco, Gil MD., Gil C. 2014). Atender también a la salud alimentaria, a la calidad del sueño y al ejercicios aeróbico entre los tiempos de clase, para que el cuerpo esté en un estado óptimo de funcionamiento (Mora, 2013). Recurrir a las artes expresivas de forma sistemática como una vía integral de desarrollo y autoconocimiento. Nada de esto se tiene en cuenta, solamente llenar el cubo, fichando (dícese, de la actividad de hacer fichas con la que nos educa para ser sumisos ciudadanos en el futuro). Todas las profesiones se reinventan, todas incorporan procedimientos que aumentan su eficacia. La educación parece observar inmóvil el paso de los tiempos.

Cuando comprendemos la funcionalidad de cualquier mecanismo podemos hacer un uso más eficiente del mismo. Conociendo la operatividad del procesamiento cognitivo podemos discriminar qué tipo de acciones y protocolos son realmente lógicos y adecuados en el

desempeño de un proceso de enseñanza-aprendizaje eficaz y capacitante. Lo contrario reduce sustancialmente la posibilidad de obtener resultados que respondan a los recursos empleados. La capacidad de comprensión, de memorización o de atención son sólo tres de los elementos claves para la percepción interna y la integración de la realidad que del mundo tenemos. Si no nos leemos el manual de instrucciones particular que cada persona trae consigo a la escuela, además del genérico, podemos estar infra desarrollando a miles de alumnos cada año. Somos lo que pensamos que somos y lo que pensamos que los demás creen de nosotros. Actuamos mañana conforme a la vivencia que emocionalmente hemos registrado hoy, porque a nuestro cerebro le encantan los esquemas, esto le hace ahorrar mucha glucosa. Lo que nos forma, da forma a todo lo demás; son los ladrillos con los que reconstruimos lo que hemos vivido. Por estas razones, una mala praxis docente puede desvirtuar cualquier trayectoria educativa que potencialmente apunte al éxito.

## 4. Cambios interiores y exteriores

Bien es cierto que se están adoptando nuevos enfoques para el aprendizaje derivados del desarrollo del diseño, la ingeniería o la arquitectura de los años 60. Los trabajos de John E. Arnold (1959) y Bruce Archer (1965) en estos campos han dado posteriormente como resultado el “Design Thinking” (Pensamiento de diseño), Aprendizaje basado en competencias (ABC), Gamificación, Aprendizaje basado en Problemas, Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), Aprendizaje Cooperativo, “Flipped Classroom” (aprendizaje invertido), entre otros. Estas metodologías innovadoras hacen posible nuevas herramientas de valoración del aprendizaje, tales como las rúbricas o la autoevaluación, que nos permiten hacer una lectura diferente de los resultados.

Fuera del sistema educativo no cesa de crecer una oferta formativa que suscita el interés del profesorado. Y esto es un dato significativo. Bastaría repasar las ponencias más visitadas en la plataforma divulgativa TED para constatar la necesidad que tenemos de conocer buenos metodologías de aprendizaje realmente eficaces para las aulas del siglo XXI: Robinson (2006, 2010 y 2013); Musallan (2013); Aamodt (2014); Khan (2015); Karboul (2017); Gartenberg (2017); Gage (2018), entre otros. A nivel nacional ha surgido en 2018 el foro [aprendemosjuntos.elpais.com](http://aprendemosjuntos.elpais.com) liderado por BBVA y el diario El País (no son precisamente centros educativos) en donde especialistas de la neuroeducación, la neuropsicología o la pedagogía, como Jesús C. Guillén, David Bueno, Francisco Mora, José Antonio Marina, Matt Goldman, Frances Jensen, Barbara Oakley, Rafael Yuste o Álvaro Bilbao entre otros, aportan un enfoque científico que fácilmente puede ser incorporado a la práctica docente.

Otros especialistas como Begoña Ibarrola, Xurxo Mariño, o Carmen Agustín trabajan también en la divulgación de investigadores especializados que son realmente significativas.

Destacamos como ejemplo las aportaciones del neurocientífico y premio Nobel de fisiología de la universidad de Columbia, Eric Kandel (2007). Es el descubridor del proceso a través del cual las neuronas almacenan la memoria y de cómo el aprendizaje produce cambios en el comportamiento al reforzarse las conexiones particulares entre las células nerviosas. Sus postulados refuerzan el principio Hebbiano de 1949, según el cual: “las neuronas que disparan juntas permanecen juntas” (Hebb 1985). Es decir, un aprendizaje bien orientado fomenta el que bloques de neuronas generen expansión en sus cableados y posibilidades de reconexión con nuevos circuitos. Como venimos argumentando, conocer las bases neuronales del aprendizaje, la motivación y la memoria, nos permiten implementar nuestras acciones educativas.

## 5. Circuitos de alta eficacia

¿Qué sustrato hacemos de lo que vivimos? ¿Qué de lo que percibimos es significativo para poder ser almacenado en la memoria? Nuestros procesos cognitivos tienen un marcado sesgo emocional. No podemos separar razón de emoción, proceso cognitivo de sentimiento, aprendizaje de todo el espectro de sensaciones que se producen en el aprendizaje.

Accediendo desde el tronco encefálico con dirección abajo-arriba (bottom-up) los inputs llegan al tálamo, ese gran hall que distribuye y selecciona la información. Éste consulta sobre la experiencia de anteriores episodios almacenada en el hipocampo (170 ms) y antes de llegar al córtex prefrontal y hacernos conscientes de ello (su vía de acceso es más larga, 660 ms.), los centros emocionales de la amígdala han dado cuenta de todo, pues ésta nunca se desconecta, tiñendo de tintes emocionales cualquier información que manejemos. Tálamo, hipocampo y núcleo amigdalino, son sólo tres elementos del entramado límbico, gestor emocional de nuestro cerebro que determina a qué atendemos y qué puede ser asimilado. Es lo que LeDoux denominó en 1980 la emoción precognitiva.

Cuando nuestra amígdala percibe una amenaza reduce el nivel de acción cognitiva. Es lo que se denomina el secuestro amigdalino (Goleman, 1996). Esto se traduce en un aumento del sesgo automático de defensa con niveles extremos de cortisol (glucocorticoide) adrenocorticotrópica (ACTH), serotonina y noradrenalina, que nos hacen adoptar la forma de sentimiento de impotencia e inflexibilidad y nos remite a rutinas primitivas de comportamiento. Dichas sustancias hormonales tienen una gran responsabilidad en nuestros estados de estrés y burnout. (Sapolsky, 2015).

Siegel (2011) define la amígdala como la escalera de la mente. Subdivide el cerebro en una parte inferior (cerebro reptiliano y límbico) y otra superior (corteza). Cuando experi-

mentamos, enfado, fracaso, frustración, miedo... la escalera queda inutilizada impidiendo el acceso a nuestras funciones superiores de atención, reflexión, comprensión, entendimiento, valoración, etc. Es decir, nuestras funciones relacionadas con el aprendizaje se ven anuladas. Ese periodo refractario de la amígdala (Ekman, 2009) puede durar milisegundos, segundos u horas y sólo nos hace sensibles a la información que es coherente con nuestro estado emocional de supervivencia. Quiero esto decir que rechaza nuevas informaciones. El ambiente en el que se desarrolla la enseñanza, el estilo con el que ambientamos las tareas escolares, determina y condiciona no sólo el aprendizaje, sino la relación que establecemos con él. Y aquí entra en juego la gestión que antes apuntábamos sobre la gestión de los errores y el estrés con que afrontamos dicha experiencia.

La neurología nos dice que nuestro cerebro emplea el fallo como una vía para llegar al modo óptimo de operatividad (Herzfeld et al., 2014). Es decir, la naturaleza nos ha dotado de un sistema de adquisición de destrezas mediante el procesamiento del error. De ahí que los expertos en Inteligencia artificial estén tratando de emular esta cualidad neural en sus cerebros artificiales. Porque aprender está vinculado a experimentar y a ver cómo otros hacen; tarea en la que participan nuestras neuronas espejo.

## 6. Mecánica de la memoria

Cuando nos ponen por vez primera encima de una bicicleta necesitamos coordinar el movimiento de las piernas, los brazos, las manos y la mirada. Conjugamos córtex motórico, visual y auditivo para mantener el equilibrio y la velocidad, dentro de las leyes de la gravedad y la cinética. Ese aprendizaje implica reiterados intentos, múltiples caídas que no se contemplan como errores, sino como un proceso de adecuación a una nueva habilidad. Dado que hay atrevimiento y esfuerzo llegan las satisfacciones en forma de dopamina y por ello ya nunca se nos olvida montar en bicicleta.

El aprendizaje es el resultado de la motivación y la memoria asociativa. Dos ejes esenciales de nuestras funciones ejecutivas. El neuropsicólogo Ignacio Morgado (2014) señala que aprender es asociar. Si confiáramos todo a la memoria de trabajo que es operativa y procesual algo no funcionaría bien del todo, porque se almacena en plazos cortos de tiempo: almacén viso espacial, buffer episódico y almacén fonológico (Baddeley, 2000). Esa huella memorística ha de dejar un uso a largo plazo, que tiene un componente consciente y otro inconsciente, en sus versiones explícita e implícita respectivamente. La primera es episódica y semántica, se adapta a lo nuevo e implica un procesamiento controlado, lo cual quiere decir que incorpora muy rápidamente el aprendizaje. Como antes apuntábamos, reconstruimos los hechos desde la base operativa del hipocampo y éste es

influenciable por las emociones ya que comparte áreas de trabajo. La segunda se refiere a los hábitos que se establecen mediante un aprendizaje de repetición y quedan asentados en los ganglios basales (por eso no sabemos cómo sabemos montar en bici).

Aprender implica transformación neuronal, nuevas posibilidades conectivas en la red sináptica (Bueno, 2018). Aprender es sinónimo de cambio físico, anatómico y de cambio electromagnético, ya que se multiplican los enlaces entre neuronas haciendo posible una diversidad más amplia en sus conexiones. Aprender es construcción y reconstrucción de las redes neuronales y este proceso no es lineal ni uniforme, es una elaboración multifocal. Cuando un profesor nos invita a hacer intentos de mejora, a probar sin el riesgo de un suspenso, nuestras neuronas se predisponen mejor a sincronizarse consolidando un estilo de acción más efectivo. Esas neuronas constituyen una misma red que se va reforzando conforme aumentan los intentos. Esto es lo que da cuerpo a la neuroplasticidad: cooperación entre neuronas. Elaboración arquitectónica en lo micro y en lo macro de la corteza (Spitzer, 2005; Davidson & Begley, 2012).

La memoria del miedo al error implica una baja actividad eléctrica (rango de 150-550 ms) y es propia de quienes entienden éste como un fracaso en vez de como una oportunidad de desarrollo, tal y como revelan las investigaciones de Blackwell, Trzesniewski y Dweck (2007). En su estudio este tipo de niños marcaban una progresión deficiente de sus resultados académicos. Sus grupos de neuronas que estaban aptos para el aprendizaje sólido, no disparaban juntas y por tanto debilitaban su conectividad.

Contamos con dos circuitos para procesar las acciones nuevas que realizamos. Mientras uno incorpora las competencias adquiridas, otro gestiona los fallos. Este último detecta y memoriza la discordancia entre lo que pretendíamos lograr y su resultado. Cuando se nos permite contemplar el error como parte natural del proceso de aprendizaje, nuestro cerebro aprende antes y mejor. La mentalidad de crecimiento es aquella que nos hace ver el error como una oportunidad para aprender y mejorar a través del esfuerzo progresivo. Frente a esta categoría están los individuos con mentalidad fija que perciben la inteligencia como una habilidad estable (Moser et al, 2011).

Estos datos amplifican nuestra perspectiva del aprendizaje. A mayor participación de regiones cerebrales diferentes (segregación), más posibilidades de implementar la adquisición un conocimiento, de recordarlo y además de utilizarlo eficazmente. El aprendizaje manipulativo que comporta escucha, observación y emoción, y que además puede ser explicado, aumenta la calidad del registro (integración). Sólo cuando lo ponemos a prueba, sabemos que hemos aprendido. Esta secuencia es esencial para implementar nuestras competencias, ya que el aprendizaje requiere del manejo de nuestra inteligencia ejecutiva (Marina, 2016). A nivel bioquímico nuestro cerebro segrega una sustancia llamada mielina cuya función es la de favorecer la conductividad eléctrica a nivel sináptico. Lo aprendido

es útil cuando es sinónimo de poder recuperar el contenido de lo vivenciado. En esto tiene mucho que decir el estado del cuerpo en el momento en el que hicimos la grabación. Es decir, si estudiamos con estrés, niveles altos de cortisol y adrenalina en sangre como antes apuntábamos, sólo accedemos a dichos archivos si volvemos a ese estado físico y a ese estado del escenario en el que hicimos la memorización. Una cosa es la memoria y otra cosa poder acceder a ella. Por eso un contenido puede estar disponible, pero eso no nos garantiza su accesibilidad (Morgado, 2014). Los versos de Machado (1913) decían “Cuando recordar no pueda ¿dónde mi recuerdo irá? Una cosa es el recuerdo y otra cosa recordar”. No podemos olvidar lo que nunca supimos.

Conocer el correlato neuronal de nuestros procesos internos va a cambiar de forma determinante la educación. Como lo hará el saber la influencia de la actividad cardiaca en la neurogénesis, en la percepción, en la plasticidad sináptica o en la memoria (Park, Correia, Ducorps, y Tallon-Baudry, 2014) o el conocer cómo la microbiota afecta en nuestros procesos cognitivos. Estudios recientes han desvelado que las bacterias tienen la capacidad de generar muchos de los más importantes neurotransmisores (Lyte, 2011); (Matur, 2012); (Barrett et al., 2012).

Descubrimientos que hoy día están llevando a los científicos, abandonando las ideas cerebrocentristas, a considerar al cerebro como un órgano extendido por todo el cuerpo (Castellanos, 2018). Cuando lo entendamos como un sistema integral, entenderemos todas sus partes como algo más que la suma de las mismas. Entonces dejaremos de equivocarnos en la educación.

## 7. Conclusiones

Los planteamientos neurológicos que hemos recogido en este artículo nos llevan a pensar que es importante y necesario replantearnos el concepto de fallo dentro de la escuela y por extensión, el procedimiento por el que hacemos transitar a nuestros estudiantes para la adquisición de sus aprendizajes.

Si nuestro mecanismo para procesar, gestionar y memorizar destrezas está configurado anatómica y funcionalmente de una manera determinada, no es muy procedente exigirle funciones que vayan en contra de su naturaleza. De igual manera que comprender la lógica de conducción de un vehículo nos permite optimizar su rendimiento y asegurarnos la integridad física, conocer los principios mecánicos que nuestro cerebro realiza nos permitirá aumentar el rendimiento y ahorrar muchos sinsabores. Esta habría de ser una tarea ineludible para todos aquellos que apelamos a su participación y esperamos que funciones tales como las gnosias, la atención, las funciones ejecutivas, las praxias, las

memorias o el uso lenguaje entre otras, contribuyan eficazmente a construir un aprendizaje significativo, progresivo y exponencial.

En el contexto de la formación, todos, discentes y docentes, aspiramos a ver optimizado el tiempo de trabajo. Todos queremos disponer de metodologías útiles que nos faciliten la resolución de tareas. Todos necesitamos ver avances, saber que hay una lógica de resultados. Consideramos que sólo es apropiado tener estas aspiraciones cuando se están inicialmente sustentadas sobre el conocimiento y manejo operativo de las estructuras neuronales subyacentes y comunes a todos los seres humanos. De momento en los planes de estudio no hay rastro alguno de estas voluntades y de seguir así, seguiremos incurriendo en la única equivocación que no podemos permitirnos cometer.

## 8. Referencias

- Arnold, J.E. (2016). *Creative Engineering: Promoting Innovation by Thinking Differently. Edited with an Introduction and Biographical Essay by William J. Clancey*. Stanford: Digital Repository.
- Archer, L. B. (1965). *Systematic Method for Designers*. Council of Industrial Design: H.M.S.O.
- Barrett, E., Ross, R. P., O'Toole, P. W., Fitzgerald, G. F. & Stanton, C. (2012). *Aminobutyric acid production by culturable bacteria from the human intestine*. *J. Appl. Microbiol*, 113, 411–417
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? Volume 4, Issue11, 1 November 2000, Pages 417-423. Recuperado de : <https://www.science-direct.com/science/article/pii/S1364661300015382>
- Barrett, E., Ross, R. P., O'Toole, P. W., Fitzgerald, G. F. & Stanton, C. (2012). *Aminobutyric acid production by culturable bacteria from the human intestine*. *J. Appl. Microbiol*, 113, 411–417
- Bauman, Z. (1991). *Modernity and Ambivalence*. Ithaca, Nueva York: Cornell University Press.
- Blakemore, Sarah-Jayne y Frith, Uta (2011). *Cómo aprende el cerebro: las claves para la educación*. Barcelona: Ariel.
- Blackwell, Trzesniewski, & Dweck (2007). *Implicit Theories of Intelligence Predict Achievement Across an Adolescent Transition: A Longitudinal Study and an Intervention*. *Child Development, January/February 2007, Volume 78, Number 1, 246–263*. *Society for Research in Child Development*. Recuperado de: <https://www.mtoliveboe.org/cmsAdmin/uploads/blackwell-theories-of-intelligence-child-dev-2007.pdf>
- Bueno, D. (2018). *¿Cómo funciona el cerebro de un adolescente?*. Charla en Aprendiendo Juntos. BBVA - El País. Recuperado de : <https://aprendemosjuntos.elpais.com/especial/la-inteligencia-viene-de-serie-o-se-entrena-david-bueno/>
- Castellanos, N. (2018). En las tripas de la mente. NIRAKARA LAB. Recuperado de: <https://nirakara.org/las-tripas-la-mente>

- Davidson, R. & Begley, S. (2012). *El perfil emocional de tu cerebro*. Barcelona: Destino.
- Dweck, C. (2014). *The power of believing that you can improve*. Charla en TEDx Norrköping. Noviembre. Recuperado de: [https://www.ted.com/talkscarol\\_dweck\\_the\\_power\\_of\\_believing\\_that\\_you\\_can\\_improve?language=es](https://www.ted.com/talkscarol_dweck_the_power_of_believing_that_you_can_improve?language=es)
- Ekman, P. & Dalai Lama. (2009). *Sabiduría emocional*. Barcelona: Kairos.
- Forés, A. & Ligoiz, M. (2009). *Descubrir la neurodidáctica: aprender desde, en y para la vida*. Barcelona: Ed. UOC.
- Jensen, E. (2004). *Cerebro y aprendizaje: competencias e implicaciones educativas*. Madrid: Narcea.
- Hebb, D.O. (1985). *La organización de la conducta*. Madrid: Ed. Debate.
- Herzfeld, D., Vaswani, A., Marko, M. & Shadmehr, R. (2014). *A memory of errors in sensorimotor learning*. *Science 12 Sep 2014: Vol. 345*, Issue 6202, 1349-1353. Recuperado de : <http://science.sciencemag.org/content/345/6202/1349>
- Howard Jones P. (2011). *Investigación neuroeducativa. Neurociencia, educación y cerebro: de los contextos a la práctica*. Madrid: Ed. La Muralla.
- Gage, G. (2018). *How sound can hack your memory while you sleep Charla en TED. June 2018*. Recuperado de: [https://www.ted.com/talks/diy\\_neuroscience\\_better\\_memory\\_while\\_you\\_sleep](https://www.ted.com/talks/diy_neuroscience_better_memory_while_you_sleep)
- Gartenberg, D. (2017). *The brain benefits of deep sleep*. Charla en TED Residency. Recuperado de: [https://www.ted.com/talks/dan\\_gartenberg\\_the\\_brain\\_benefits\\_of\\_deep\\_sleep\\_and\\_how\\_to\\_get\\_more\\_of\\_it](https://www.ted.com/talks/dan_gartenberg_the_brain_benefits_of_deep_sleep_and_how_to_get_more_of_it)
- Gardner, H. (1983): *Inteligencias múltiples*. Buenos Aires: Ed. Paidós.
- Geake, J. G. (2009). *The brain at school: educational neuroscience in the classroom*. England: McGrawHill.
- Giordan, A. (1985). Interés didáctico de los errores de los alumnos. ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS,11-17 Recuperado de: <https://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/50800/92776&a=bi&paginumber=1&w=100>
- Goleman, D. (1996): *Inteligencia Emocional*. Barcelona: Ed. Kairós.
- Hardiman, M. (2012). *The brain-targeted teaching model for 21 st-century schools*. Thousand Oaks. California: Corwin.
- Khan, S. (2015). Let's teach for mastery-not test scores. TED Talks Live. Recuperado de : [https://www.ted.com/talks/sal\\_khan\\_let\\_s\\_teach\\_for\\_mastery\\_not\\_test\\_scores?referrer=playlist-how\\_can\\_we\\_fix\\_the\\_learning\\_crisis](https://www.ted.com/talks/sal_khan_let_s_teach_for_mastery_not_test_scores?referrer=playlist-how_can_we_fix_the_learning_crisis)
- Kandel, E. (2007). En busca de la memoria. Una nueva ciencia de la mente. Nuevos Aires: Ed. Katz.
- Karboul, A. (2017). The global learning crisis — and what to do about it. Charla TED@BCG. Recuperado de: [https://www.ted.com/talks/amel\\_karboul\\_the\\_global\\_learning\\_crisis\\_and\\_what\\_to\\_do\\_about\\_it?referrer=playlist-how\\_can\\_we\\_fix\\_the\\_learning\\_crisis](https://www.ted.com/talks/amel_karboul_the_global_learning_crisis_and_what_to_do_about_it?referrer=playlist-how_can_we_fix_the_learning_crisis)
- Ledoux, J. (1999). *El cerebro emocional*. Barcelona: Ed. Ariel. Planeta.
- Lyte, M. (2011). *Probiotics function mechanistically as delivery vehicles for neuroactive compounds: microbial endocrinology in the design and use of probiotics*. *Bioessays* 33, 574–581

- Machado, A. (1913). *Cantares y proverbios, sátiras y epigramas*. Revista La Lectura, mayo de 1913. Número 1.
- Mañas, I., Franco C., Gil, M.D., & Gil, C. (2014). Educación Consciente: Mindfulness (ATENCIÓN PLENA) en el ámbito educativo. Educadores conscientes formando a seres humanos conscientes. (Cap. 1). En Alianza de civilizaciones, políticas migratorias y educación. Sevilla: Aconcagua Libros.
- Marina, J. A. (2011). *El cerebro infantil: la gran oportunidad*. Barcelona: Editorial Ariel.
- Marina, J.A. (2016). *Objetivo: Generar talento. Cómo poner en acción la inteligencia*. Barcelona: Peguen Randon House Grupo Editorial.
- Martinand (1982). *Les obstacles épistémologiques*. Cours DEA. París: Universidad de Paris VII.
- Maslow, A. (1966). *The Psychology of Science. A reconnaissance*. NY: Harper and Row.
- Matur, E. y Eraslan, E. (2012). *In New Advances in the Basic and Clinical Gastroenterology*. UK: Ed. Brzozowski.
- Mora, F. (2013). *Neuroeducación: sólo se puede aprender aquello que se ama*. Barcelona: Alianza Editorial.
- Moser, J.S., Schroder, H.S., Heeter, C., Moran, T.P., & Yu-Hao Lee, Y. (2011). *Mind Your Errors: Evidence for a Neural Mechanism Linking Growth Mind-Set to Adaptive Posterror Adjustments*. *Psychological Science* 22(12) 1484–1489. Recuperado de: [https://cpl.psy.msu.edu/wp-content/uploads/2011/12/Moser\\_Schroder\\_Moran\\_et-al\\_Mind-your-errors-2011.pdf](https://cpl.psy.msu.edu/wp-content/uploads/2011/12/Moser_Schroder_Moran_et-al_Mind-your-errors-2011.pdf)
- Medina, J. (2009). *Brain rules: 12 Principles for surviving and thriving at work, home and school*. Seattle: Pear Press.
- Merzenich, M. (2004). Growing evidence of brain plasticity. TED 2004. Recuperado de: [https://www.ted.com/talks/michael\\_merzenich\\_on\\_the\\_elastic\\_brain/transcript#t-62448](https://www.ted.com/talks/michael_merzenich_on_the_elastic_brain/transcript#t-62448)
- Morgado, I. (2014). *Aprender, recordar y olvidar. Claves cerebrales de la memoria y la educación*. Barcelona: Ariel.
- Musallan, R. (2013) *3 rules to spark learning*. TED Talks Education. April 2013. Recuperado de: [https://www.ted.com/talks/ramsey\\_musallam\\_3\\_rules\\_to\\_spark\\_learning?referrer=playlist-tv\\_special\\_ted\\_talks\\_educatio](https://www.ted.com/talks/ramsey_musallam_3_rules_to_spark_learning?referrer=playlist-tv_special_ted_talks_educatio)
- Ortiz, T. (2009). *Neurociencia y educación*. Barcelona: Alianza Editorial.
- Park, H.-D., Correia, S., Ducorps, A., & Tallon-Baudry, C. (2014, March 9). *Spontaneous fluctuations in neural responses to heartbeats predict visual detection*. *Nature Neuroscience*. Springer Nature. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1038/nn.3671>
- Plutarco. (1986). *Obras morales y de costumbres. Moralia. Vol-I*. Barcelona: Ed. Gredos.
- Posner, Michael I. y Rothbart, Mary K. (2007). *Educating the human brain*. NY: American Psychological Association.
- Ramon y Cajal, S. (2012). *Histología del sistema nervioso del hombre y los vertebrados*. Madrid: Ministerio de Sanidad. Servicios sociales e igualdad. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Robinson, K. (2006) *Schools kill creativity*. Charla en TED. Recuperado de: [https://www.ted.com/talks/ken\\_robinson\\_says\\_schools\\_kill\\_creativity](https://www.ted.com/talks/ken_robinson_says_schools_kill_creativity)

- Robinson, K. (2010). *Changing education paradigms*. Charla en TED. Recuperado de: [https://www.ted.com/talks/ken\\_robinson\\_changing\\_education\\_paradigms](https://www.ted.com/talks/ken_robinson_changing_education_paradigms)
- Robinson, K. (2010). *Bring on the revolution*. Charla en TED. Recuperado de: [https://www.ted.com/talks/sir\\_ken\\_robinson\\_bring\\_on\\_the\\_revolution#t-2774](https://www.ted.com/talks/sir_ken_robinson_bring_on_the_revolution#t-2774)
- Robinson, K. (2013). *How to escape education's death valley*. TED Talks Education. Recuperado de: [https://www.ted.com/talks/ken\\_robinson\\_how\\_to\\_escape\\_education\\_s\\_death\\_valley](https://www.ted.com/talks/ken_robinson_how_to_escape_education_s_death_valley)
- Sahakian, B. J. & Labuzetta, J. N. (2013). *Bad moves: how decision making goes wrong, and the ethics of smart drugs*. London: Oxford University Press.
- Sapolsky R. M. (2015). Stress and the brain: individual variability and the inverted-U. *Nature Neuroscience* 18(10), 1344-1346
- Siegel, D. & Payne, T. (2011). *El cerebro del niño*. Barcelona: Alba editorial.
- Spitzer, M. (2005). *Aprendizaje: neurociencia y la escuela de la vida*. Madrid: Omega.
- Stiehm, J. y Townsend, N. (2002). *The U.S. Army War College: Military Education in a Democracy*. Philadelphia: Temple University Press.
- Tokuhamma-Espinosa, T. (2011). *Mind, brain, and education science: a comprehensive guide to the new brain-based teaching*. NY: W. W. Norton & Co.

---

**Sugerencia de cita:**

Gamella, D. (2019). El acierto de las equivocaciones. Aportaciones de la neurociencia cognitiva al proceso de aprendizaje. *Pulso. Revista de Educación*, 42, 167-180