

Bases neurocientíficas del uso de metodologías activas en Educación Física

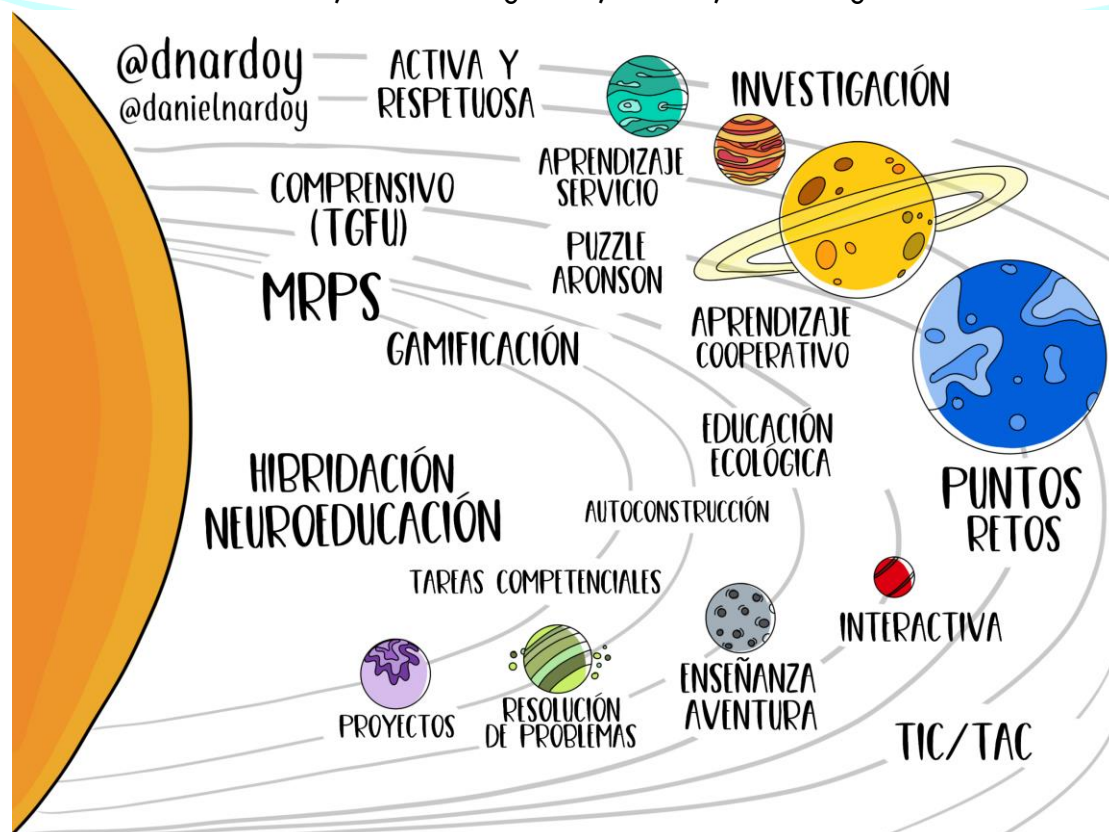
PhD. Daniel Navarro Arday y PhD. Juan Ángel Collado Martínez

“Todo ser humano si se lo propone puede ser escultor de su propio cerebro”
Santiago Ramón y Cajal

RESUMEN

Que la sociedad está cambiando y con ella la educación, no es nada nuevo. ¿Están cambiando los cerebros de nuestros escolares? ¿Está cambiando la forma de enseñar? El uso de metodologías o modelos pedagógicos que ponen en juego los verdaderos motores de acción del cerebro, conocer aspectos básicos del cerebro, cómo funciona, qué le gusta, los ingredientes esenciales del aprendizaje... es lo que consideramos neuroeducación. Conocer y aplicar estos conocimientos no solo mejorará el aprendizaje de nuestros alumnos, su rendimiento cognitivo y académico, sino que además conseguiremos mejores personas en el mundo.

Palabras clave: neuroeducación, funciones cognitivas, cerebro, metodologías activas.



1. Introducción

Resulta evidente que escuchar a un profesor durante una clase magistral o hacer ejercicios de un libro de texto durante una hora no tiene las mismas consecuencias a nivel neurocognitivo, que resolver problemas en grupo, debatiendo, tomando decisiones, creando una empresa, preparando el guion de una obra de teatro o una letra de rap, durante esa misma duración temporal. Sin entrar en debates sobre qué acción es mejor o peor para el cerebro, solo afirmamos que los procesos cognitivos que requieren ambas situaciones que suelen darse actualmente en la educación, son diferentes.

Si durante esa hora el sujeto interviene más o menos para tomar decisiones que afecten a todo el grupo, si el alumno debe hablar en público, moverse, utilizar los sentidos del tacto para manipular cualquier cosa... Todas estas son variables que habría que analizar para determinar qué actividad sería más beneficiosa para el desarrollo neurocognitivo del alumno.

Los beneficios que la alegría, la sorpresa, trabajar en grupo, no tener miedo a equivocarse, probar una y otra vez hasta dar con la solución, etc., para el cerebro, hoy día sabemos que son una evidencia científica.

1.1. ¿Cuáles son estos principios neurocientíficos del aprendizaje?

Arday, Collado y Pellicer (2020) hacen referencia al libro de Pellicer y colaboradores para explicar los ingredientes neurocognitivos esenciales para conseguir el aprendizaje, entre los que se encuentran la curiosidad, la atención, los sentidos (cuantos más mejor), la alegría, el juego (ensayo-error sin miedo al fracaso), la investigación, la sorpresa (crear disonancias cognitivas, romper esquemas), la práctica, lo vivencial, la evaluación formativa e individualizada (repasar). Los autores explican que en el proceso de aprendizaje, el primer

eslabón de la cadena debe ser la **curiosidad**. Una vez hemos generado curiosidad en el alumno, la puerta de la **atención** estará abierta. De ahí el gran valor educativo que posee generar curiosidad, crear expectación para secuestrar la atención del alumnado.

Cuando se tiene curiosidad y atención, el aprendizaje será posible si hay **alegría**. Tanto la neurociencia como los neuroeducadores sostienen que los aprendizajes se dan con mayor facilidad si son vivenciales y se producen en contextos agradables. Para conseguir el aprendizaje deseado, es necesario **repasar**, es decir, obtener un *feedback* sobre lo que se sabe o no se sabe. ¿Qué mejor forma de repasar que jugando? Donde el error no es castigado y no hay miedo a equivocarse, por ejemplo, usando *Kahoot* o *Plickers*, realizando un *Quiz* o una carrera de orientación (juego de pistas) por todo el colegio, instituto, facultad, campus universitario o por toda la ciudad, donde cada baliza es una pregunta, cuya respuesta te lleva a una pista y esta a su vez a otra baliza, hasta conseguir la solución a un problema planteado. Aquí es donde la evaluación formativa juega un papel trascendental. Y es que todo el proceso de enseñanza-aprendizaje es un continuo de formación inacabado, puesto que el discente no deja nunca de aprender, donde el ensayo-error es intrínseco a dicho proceso. Por el contrario, si realizamos una única evaluación final, podemos caer en el error de no continuar con la evaluación y propuestas de mejora, ampliación, refuerzo, etc. de ese determinado aprendizaje. Si el alumno es evaluado y calificado de forma puntual, podría no interesarle mejorar ese aprendizaje, máxime si la calificación es positiva (imaginemos un 5 sobre 10, aprobado). Por lo que nunca sabríamos si ese alumno, podría mejorar dicho aprendizaje.

Por último y a modo de reflexión sobre otra de las evidencias científicas que la neurociencia se ha encargado en demostrar, mención especial merecen los llamados **motores de acción** de nuestro cerebro. Todas las áreas del

conocimiento encargadas del estudio de este maravilloso órgano de apenas kilo cuatrocientos gramos (el cerebro), sostienen que los tres motores que hacen moverse al cerebro (desarrollarse y evolucionar) son la **curiosidad, el placer y la necesidad**. De una ya hemos hablado (curiosidad), la segunda está vinculada al juego, la motivación, la dopamina (hablaremos de este neurotransmisor más adelante). Y la tercera, la necesidad o aquello a lo cual es imposible sustraerse, faltar o resistirse. La necesidad también está relacionada directamente con la conservación de la vida, la conservación de la salud, el peligro o riesgo ante el cual se precisa auxilio urgente o movilizarse a la acción. Tanto es así que cuando corremos un peligro, al igual que la liebre pone todo su potencial físico y cognitivo para huir del depredador que desea alimentarse con ella, el ser humano funciona exactamente igual. La simulación de situaciones que generen curiosidad, placer y necesidad dentro de nuestras aulas, sin duda, serán los mejores motores de acción hacia el aprendizaje. Proponer situaciones en el aula que entrañen cierto riesgo (no hablamos de peligro, sino de toma de decisiones, hablar en público, inventar, investigar, crear), activan nuestros sistemas de alerta en el cerebro, uno de los mejores entrenamientos específicos del cerebro. Se dilatan las pupilas para ver mejor, empleamos nuestra máxima concentración, aceleramos nuestras pulsaciones para obtener más oxígeno, nuestra musculatura se contrae para prepararnos a la acción. No olvidemos que nuestra fisiología proviene del mundo animal y en ciertos comportamientos, funcionamos exactamente igual que nuestros antepasados y que muchos animales.

Una vez más, tanto por lo eminentemente prácticas que son asignaturas como la Educación Física, la Música, la Educación Plástica y Visual (asignaturas vivenciales), resulta indispensable pensar un currículo educativo sin su presencia. Muchos investigadores, neurocientíficos y pedagogos, afirman incluso que deberían tener

más presencia en los currículos actuales. De cualquier manera, lo que está claro, que debemos fomentar e incrementar las prácticas, las horas de laboratorio, las conversaciones en inglés en situaciones reales (cuando nuestro objetivo pedagógico es enseñar este idioma), diseñar proyectos y tareas competenciales en situaciones y contextos reales.

2. Beneficios de las actividades que sorprenden al alumnado sobre el cerebro a nivel estructural y funcional

La actividad que sorprenden, que provocan disonancias cognitivas, que “rompen” los esquemas mentales, aquellas que el alumnado no se espera... son susceptible de modificar la función y estructura cerebral. Durante este tipo de actividades, nuestro cerebro libera una importante cantidad de sustancias que inciden directa o indirectamente en los procesos de aprendizaje y memoria. Incluso podría alternar el volumen de ciertas estructuras cerebrales que se han visto tienen relación directa con el aprendizaje, como son el hipocampo (centro de almacenaje de la memoria), la amígdala (vital en las respuestas emocionales) o el tálamo (una especie de estación repetidora a la que llegan los inputs sensoriales y que los transmite a la corteza sensorial para su procesamiento). Todas estas estructuras pertenecen a lo que se conoce como sistema límbico, considerado como el responsable de nuestras conductas emocionales, imprescindibles para que exista un aprendizaje. Con todo esto, el sistema límbico no es un sistema funcional separado, sino que sus estructuras interactúan con otras regiones del cerebro (Guillén, 2017). Este es el caso del llamado circuito de recompensa cerebral, una vía asociada a la dopamina que conecta regiones subcorticales, como el núcleo o cuerpo estriado (donde se sitúa el núcleo *Accumbens*, a donde se libera dopamina), la amígdala o el hipocampo

con la corteza prefrontal, fundamental para encender el chispazo del aprendizaje a través de la motivación (Guillén, 2017). Los últimos hallazgos en neurociencia ponen de manifiesto, que actividad donde el alumnado tenga que moverse o al menos desplazarse por el aula, tomar decisiones, probar, investigar, manipular, etc. (sea de la índole que sea), favorece la creación y conexión entre neuronas (neurogénesis y sinaptogénesis), libera unas sustancias químicas relacionadas con el bienestar, como la serotonina, oxitocina o dopamina, entre otras, y provoca un aumento de los niveles de BDNF o factor neurotrófico derivado del cerebro, lo que beneficiará los procesos cognitivos cerebrales vinculados al aprendizaje, como la memoria, la atención, la resolución de problemas, la planificación y flexibilidad cognitiva, entre otros.

2.1. Lóbulo frontal y las funciones ejecutivas

El lóbulo frontal es el encargado de realizar las funciones cognitivas más complejas: las funciones ejecutivas. Son las habilidades relacionadas con la gestión de emociones, atención y la memoria (Goldberg, 2004). Gracias a los estudios realizados con neuroimagen, estas funciones se ubican concretamente en la corteza prefrontal. La importancia de esta estructura a la hora de coordinar y dirigir el resto de funciones cognitivas, hace que varios neurocientíficos llamen a esta zona del cerebro el "cerebro del cerebro" o, como diría Goldberg (2004) el "director de la orquesta" que dirige y supervisa al resto de estructuras cerebrales.

Esta estructura del cerebro (corteza prefrontal) es la más diferencial anatómica y funcionalmente del resto de animales. Representa la estructura neocortical más desarrollada en los seres humanos y se localiza en las superficies lateral, medial e inferior del lóbulo frontal. Este lóbulo a su vez se divide en tres regiones: prefrontal dorsolateral, prefrontal medial y orbitofrontal. La corteza prefrontal

dorsolateral es la parte que ocupa el área lateral del córtex prefrontal (figura 1), es la más grande y la más reciente de la corteza frontal en la escala filogenética (Fuster, 2002).

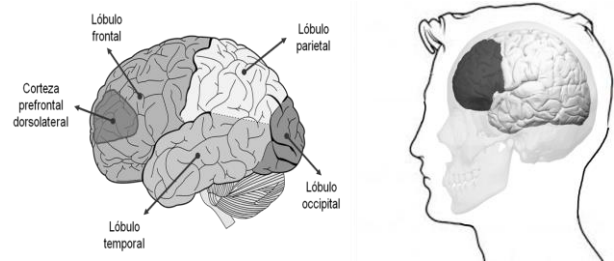


Figura 1. Los cuatro lóbulos de cada hemisferio cerebral, resaltada la corteza prefrontal dorsolateral.

En términos generales esta región (corteza prefrontal dorsolateral) se relaciona con los procesos cognitivos más complejos. Entre sus funciones destacan la memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva, control inhibitorio, la secuenciación temporal de las acciones, planificación y la resolución de problemas. Parece que el control atencional, la formación de conceptos y el razonamiento también son funciones llevadas a cabo en esta área (Lozano y Ostrosky, 2011).

La porción anterior de la corteza prefrontal dorsolateral, está relacionada con los procesos de mayor jerarquía cognitiva, como la metacognición, la cognición social, la conciencia del yo y el autoconocimiento (Stuss y Levine, 2000). Mientras que la corteza prefrontal medial, situada en la parte interna del córtex prefrontal, es la base anatómica de las funciones relacionadas con la inhibición conductual, la atención y la regulación de estados motivacionales.

Por último, en la corteza prefrontal orbitofrontal, situada sobre las órbitas de los ojos (de ahí su nombre), se asientan los procesos cognitivos y emocionales que subyacen a las interacciones sociales, involucrada en detectar conductas potencialmente peligrosas y en tomar las decisiones según sus propios procesos

emocionales y racionales (Lozano y Ostrosky, 2011).

Todas estas funciones nos permiten el control cognitivo y conductual necesario para planificar y tomar decisiones adecuadas, son habilidades cognitivas encubiertas y autodirigidas internamente al servicio de un mismo objetivo, relacionadas con la gestión de las emociones, la atención y la memoria. Que importante es tener claros estos conceptos, por ejemplo, para entender muchos de los comportamientos descontrolados de nuestros escolares. Habitualmente los niños que no han tenido un contexto familiar óptimo (dejémoslo ahí para no desviarnos del tema) no tienen del todo desarrolladas estas áreas del cerebro o su desarrollo es menor que el de sus compañeros y en determinados momentos, son incapaces de controlar sus impulsos (control inhibitorio). También hay adultos que son incapaces de frenar sus impulsos. En el contexto escolar suelen ser castigados por dichas acciones. Quizá habría que replantearse estas medidas correctivas. Seguramente ese alumno, más que un castigo, lo que necesite es cariño, ternura, amor, un ejemplo al que seguir, está pidiendo ayuda a voces (sin pedirla), necesita aprender a controlar sus emociones, una educación emocional que le ayude a controlar sus impulsos, a desarrollar completamente su cerebro, que en ocasiones, en situaciones emocionales extremas de peligro, ira, tristeza, miedo... actúa como un cerebro reptiliano.

El estudio de las funciones ejecutivas ha tenido especial interés en las últimas décadas gracias a la neurociencia, a la aparición de la neuroimagen y a la relación de estas funciones con los resultados académicos. Las investigaciones recientes han destacado que el desarrollo de tales procesos durante los primeros años de vida es de gran importancia para el funcionamiento cognitivo, la conducta, el control emocional y la interacción social del niño (Lozano y Ostrosky, 2011).

Las funciones ejecutivas que la gran mayoría de investigadores considera como básicas son el

control inhibitorio, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva, las cuales permiten desarrollar otras funciones complejas como el razonamiento, la resolución de problemas y la planificación (Guillén, 2007) (figura 2).



Figura 2. Funciones ejecutivas.

El ser humano dispone de estas habilidades cognitivas para resolver situaciones complejas, novedosas o no familiares; funciones trascendentales para la vida cotidiana e imprescindibles para el éxito académico y el bienestar personal del alumno (Diamond, 2013).

Las funciones ejecutivas nos ayudan a establecer el objetivo que deseamos; planificar, organizar, administrar y elegir las tareas y estrategias necesarias para la consecución del objetivo; seleccionar las conductas y acciones necesarias, iniciarlas, desarrollarlas y finalizarlas; resistir a la interferencia del medio, evitando las distracciones por estímulos de poca relevancia; inhibir las conductas automáticas; supervisar si se está haciendo bien o no la acción y tomar conciencia de los errores; prever las consecuencias y otras situaciones inesperadas; cambiar lo planificado para rectificar o reconducir la situación ante un error o algo inesperado.

Decíamos que el control inhibitorio es una de las funciones ejecutivas propias de la corteza prefrontal, pero **¿qué es la inhibición?**

Podríamos decir que la inhibición es el freno del comportamiento, detiene la reacción automática ante un estímulo, para responder o actuar reflexionada y adecuadamente según el

contexto y la situación. El déficit inhibitorio que se producen por ejemplo en personas con TDAH o con Síndrome de Asperger, afecta a la regulación de los impulsos y de las emociones, al control de la espera, a la paciencia. Es frecuente observar a un niño con un trastorno del desarrollo del espectro autista responder a un profesor de forma impulsiva, sin ser consciente del contexto en el que está. Lejos de ser un acto maleducado, el niño reacciona tal y como su “consciencia” le dicta, sin pasar por esta zona del cerebro que frena los impulsos, por lo que no llega a ser consciente de las consecuencias que esa frase o acto pueden acarrearle. De ahí la importancia que para nuestro sistema educativo tienen este tipo de estudios, donde se analizan con neuroimagen los cerebros de niños con TDAH o espectro autista para entender muchos de sus comportamientos, en ocasiones irracionales e impulsivos.

Sabemos también, que el déficit inhibitorio, además de generar una conducta impulsiva, hiperactiva y desorganizada, es la responsable de déficits cognitivos y alteraciones en el resto de funciones ejecutivas. Para explicar este hecho, imaginemos que un adolescente con Síndrome de Asperger flirtea con una chica de su edad que le gusta mucho y desea conquistarla (objetivo). En su primera cita el chico observa que la chica tiene una insignificante espinilla en su mejilla, algo que no le importa y que cualquier otra persona no le diría nada a la chica que le gusta, en su primera cita (podría hacer sentirse mal a la chica ¿verdad?). Sin embargo, nuestro protagonista no dudaría en decírselo, sin ser consciente de las consecuencias que ello podría tener.

Pongamos otro ejemplo. Dos hermanos de dos y seis años, se crían en un ambiente familiar óptimo y se aman mutuamente. Ambos juegan durante todo el día, sonríen, se besan, se quieren mucho y todo fluye con total normalidad, pero a la hora de dormir, cuando el cansancio y la fatiga aparecen (no solo la física, también la cognitiva, el cerebro no ha parado de aprender), los

impulsos son más difíciles de controlar, el mayor golpea y grita a su hermano pequeño, quien llora de forma desconsolada... Son escenas habituales de cualquier hogar. Incluso nos pasa a los adultos, la fatiga emocional y cognitiva, afecta al control de impulsos. Es normal, sería como “pedirle” a nuestros músculos que, tras una carrera de 20 kilómetros, estuvieran igual de fuertes que antes de esa carrera. El “músculo” del cerebro funciona igual, pero en vez de correr o levantar pesas, resuelve problemas, controla impulsos, planifica, retiene información, recupera recuerdos, se emociona, aprende.

La inhibición crea una pausa (una fracción de segundo) entre el estímulo y la respuesta, para que las otras funciones ejecutivas entren en juego. En ese intervalo mínimo de tiempo, las funciones ejecutivas nos ayudan a analizar las posibles consecuencias de una acción y, en función de esto, nos planificamos y organizamos, de cara a conseguir el objetivo marcado (en los ejemplos anteriores, conquistar a la chica o jugar entre hermanos).

La inhibición abarca tanto al aspecto conductual como al cognitivo. El primero, más ligado al control motor, se refiere a la habilidad para controlar y detener una conducta espontánea e impulsiva en el momento apropiado. El segundo (la inhibición cognitiva) repercute en las diferentes funciones ejecutivas. Por ejemplo, la inhibición de la atención protege la pausa creada entre el estímulo y la respuesta inmediata de la interferencia de otras distracciones, internas (pensamientos, emociones, sensaciones) o externas, permitiendo la actuación de las otras funciones ejecutivas. Esa pausa inhibitoria permite así la planificación, el análisis y la elección de la conducta más adecuada y evita que las distracciones nos desvíen del cumplimiento de los objetivos propuestos.

Recuperemos el ejemplo del alumno que es incapaz de controlar sus impulsos en clase. Seguramente, entenderemos ahora por qué los alumnos que habitualmente son disruptivos (incapaces de controlar sus impulsos) suelen

obtener peores resultados académicos. Sin necesidad de conocer sus contextos familiares, seguramente no serán los más idóneas para un desarrollo cerebral óptimo, lo que si es evidente es el déficit de esta función ejecutiva, la cual interviene y es necesaria para el resto de funciones complejas. Sería como pedirle a un niño de dos años que corriera y saltara a la comba, o a un bebé de once meses que corriera por la arena de una playa, sus cerebros aún no están preparados para dichas acciones motrices, no las pueden aprender todavía.

Estas funciones y en concreto el control inhibitorio, son las que nos diferencian de otras especies animales, que reaccionan de manera automática e impulsiva a los estímulos ambientales presentes. En psicología se habla del cerebro reptiliano cuando somos incapaces de controlar nuestros impulsos. Esto es lo que en ocasiones les pasa a nuestros alumnos e incluso a muchos adultos. No porque ellos quieran, sino porque no han sido correctamente entrenadas sus funciones ejecutivas, por tanto, no se han desarrollado como deberían.

- c. La memoria de trabajo, esta sí, considerada una de las funciones ejecutivas del cerebro según la mayoría de autores (Diamond, 2013). Se trata de un almacenamiento temporal, breve, de capacidad muy limitada y susceptible de interferencias (distracciones). Retiene y manipula la información que es necesaria para finalizar una tarea en curso o para resolver problemas, cuando el estímulo que la originó ya no está presente. La memoria de trabajo sólo recibe y retiene aquellos pocos datos sensoriales que la atención selectiva ha captado como relevantes y útiles para poder realizar la actividad, reteniéndola unos pocos segundos. La memoria de trabajo, además de la retención momentánea de información, también se encarga de la continua actualización de los datos, ya que manipula y transforma la información “en línea” para planificar y guiar nuestra conducta, a la vez que interviene en importantes procesos cognitivos como la comprensión del lenguaje, la lectura, el razonamiento o el cálculo matemático, entre otros.

2.2. ¿Qué es la memoria de trabajo?

Para dar respuesta a esta pregunta, conviene definir primero el concepto de memoria. La memoria puede ser verbal y no verbal. Tanto en una como en la otra, en el sentido más amplio de su significado, esta función cognitiva hace referencia a la capacidad de retener, almacenar y evocar información. Existen diferentes tipos de memoria y que resumimos en tres:

- a. La memoria sensorial, que recoge aquella información captada por los sentidos. Esta información sensorial permanece un tiempo muy efímero y, si no se procesa en la memoria de trabajo, se pierde.
- b. La memoria a largo plazo, que es el almacén permanente.

Al hablar de información relevante y novedosa, no podemos pasar por alto mencionar otra función cognitiva: la **atención**. Podríamos considerarla también como ejecutiva. Sea como fuere, es evidente que, tanto la una como la otra, son muy importantes en el rendimiento cognitivo y académico de nuestros escolares.

De forma muy genérica podemos definir la atención como la capacidad de seleccionar y concentrarse en los estímulos relevantes, procesándolos para responder en consecuencia. Es una especie de filtro de la información y un mecanismo de alerta ante los datos importantes. Nos permite focalizar y mantener el esfuerzo mental que requiere estar atentos o concentrados para atender a ciertos estímulos (internos o ambientales), excluyendo distracciones irrelevantes en ese momento. Podríamos mencionar aquí el concepto de atención selectiva

o el de concentración. Es importante aclarar que la atención, al igual que el resto de funciones cognitivas, también puede ser susceptible de mejora y, por tanto, de ser entrenada.

2.3. ¿Qué es la flexibilidad cognitiva?

La flexibilidad cognitiva es aquella habilidad que permite rectificar y cambiar la respuesta que inicialmente teníamos planificada por otra más adecuada al contexto, situación novedosa e inesperada que acaba de acontecerse. Es decir, es la capacidad para adaptar nuestra conducta y pensamiento a nuevas situaciones o situaciones cambiantes e inesperadas.

En ocasiones se define inteligencia como la capacidad de adaptarse a situaciones novedosas y desconocidas. Parece tener cierta relación con la flexibilidad cognitiva ¿verdad? Así es. Pero no queremos crear conflicto entre ambos conceptos, simplemente indicar que el concepto de inteligencia debe y de hecho está estrictamente ligado a todas las funciones cognitivas, especialmente las ejecutivas. De ahí que se hable de “neuromitos” cuando se mencionan las inteligencias múltiples de Gardner, quien perfectamente sabía que no hay tipos de inteligencia, sino funciones cognitivas. Sin embargo, decidió usar este término para que el mensaje llegara a más población y lo consiguió, cuestión de marketing. Es más atractivo (vende más) hablar de inteligencia que de cognición ¿verdad? Es de alagar la labor de difusión y el gran paso que Gardner ha conseguido con sus “inteligencias múltiples” a nivel psicológico y escolar. Hoy día, cualquier docente sabe que hay niños que son más diestros en un tipo de habilidad mental, inteligencia o función cognitiva, que en otras. El maestro o profesor de “a pie de pista” (el que enseña en su aula día a día) no le importa como las llamemos, lo que le importa son las consecuencias que ello supone y cómo podría ayudar a sus alumnos.

Volviendo al término de flexibilidad cognitiva, al cambiar una conducta o acción por

otra, que intuimos tendría más éxito que la primera, entra en juego otra función cognitiva que podría ser también considerada como ejecutiva. Se trata de la **planificación**. Básicamente podríamos decir que es la capacidad para pensar en el futuro y anticipar mentalmente la forma correcta de ejecutar una tarea o alcanzar una meta específica.

La **toma de decisiones** y la **resolución de problemas** también podríamos considerarlas funciones ejecutivas. No entramos en debate, si están o no al mismo nivel de importancia que las anteriores, pero si deberíamos subirlas en determinadas acciones, a la peana en la que se suben los directores de orquesta. La primera (toma de decisiones) es la capacidad para elegir una opción entre diferentes alternativas de manera eficiente y meditada; mientras que la segunda (resolución de problemas) es la capacidad de llegar a una conclusión lógica ante el planteamiento de una incógnita.

Los últimos estudios con neuroimagen parecen concluir que la atención, la memoria de trabajo y la **motivación** son procesos interdependientes y que están relacionadas con la dopamina. Por tanto, podríamos decir que la motivación podría ser otra de las funciones ejecutivas del cerebro, aunque esta no solo subyace en la corteza prefrontal, parece que es en el cuerpo estriado ventral donde más se produce.

Estas funciones tan importantes para la vida cotidiana y vinculadas a la corteza prefrontal, resultan imprescindibles para el éxito académico y el bienestar personal del alumno (Diamond, 2013).

2.4. ¿Cómo entrenar las funciones ejecutivas?

Jesús Guillén en su libro “Neuroeducación en el aula. De la teoría a la práctica” expone basándose en los pensamientos de Adele Diamond (una de las pioneras en el campo de la neurociencia del desarrollo) que la mejor forma

de entrenar las funciones ejecutivas es mediante actividades donde el alumno trabaje dichas funciones de forma indirecta, incidiendo en lo que las perjudica, como es el estrés, la soledad, la falta de sueño, el sedentarismo o una mala salud. Esto es, provocando situaciones de mayor felicidad, vitalidad física y un sentido de pertenencia al grupo (Diamond y Ling, 2016).

Todas estas situaciones parecen estar ligadas al empleo de metodologías activas como el aprendizaje basado en problemas, juegos, retos, proyectos o aprendizaje cooperativo, donde el trabajo grupal, la autonomía o la resolución de problemas son pilares fundamentales de este tipo de enseñanzas.

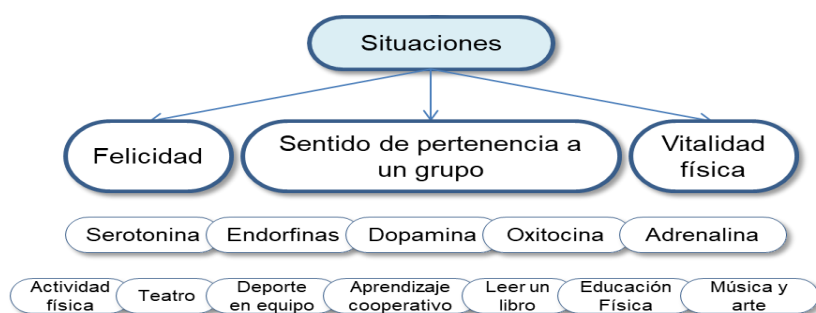


Figura 3. Entrenamiento de las funciones ejecutivas.

3. Metodologías y neurotransmisores

Mientras jugamos, resolvemos problemas o retos en grupo, exponemos un trabajo o proyecto que sobre el que llevamos varios meses trabajando..., no solo estamos ilusionados, atentos, concentrados o motivados. También sabemos que aumenta la oxigenación en el cerebro y se crean nuevas neuronas y sinapsis, se liberan una cantidad importante de sustancias que inciden, directa e indirectamente, en los procesos de aprendizaje y memoria. El primer grupo importante de sustancias que aumenta con este tipo de actividades son los factores neurotróficos (los estudiaremos en el siguiente apartado).

El segundo grupo importante de sustancias que aumentan en el cerebro son los neurotransmisores y las hormonas, tales como las serotonina, oxitocina o dopamina, entre

otros, que poseen un papel protagonista en el aprendizaje, modulando los procesos cognitivos como la memoria, entre otros.

3.1. ¿Qué son los neurotransmisores, las hormonas y para qué sirven?

Un neurotransmisor es una biomolécula que permite la transmisión de información entre neuronas a través de la sinapsis. Las hormonas son sustancias liberadas por una célula para actuar sobre otra, tanto cercana como lejana, e independientemente de la singularidad o ubicuidad de su origen y sin tener en cuenta la vía utilizada para su transporte, sea circulación sanguínea, flujo axoplasmático o espacio intersticial. La función más importante de las hormonas es influir en la función de otras células. La principal diferencia entre neurotransmisores y hormonas es que cuando se libera un neurotransmisor solo se comunica con una neurona inmediata, mediante la sinapsis¹.

¹ De las 86.000 millones de neuronas que tenemos en el cerebro, cada neurona se puede conectar con otras de 1.000 a 10.000 veces. Imagina que diferente podría ser la red neuronal de un cerebro estimulado frente a otro poco estimulado (entrenado).

En cambio, una hormona se comunica con otra célula sin importar lo lejos que esté, viajando a través del torrente sanguíneo.

Los neurotransmisores y las hormonas que se liberan en aquellas áreas cerebrales encargadas de las funciones cognitivas del cerebro o ante ciertas emociones, contribuyen a mejorar el aprendizaje, dado que la cognición y la emoción no pueden separarse (Mora, 2013). En palabras del neurocientífico Francisco Mora Teruel *“sin emoción no hay aprendizaje, el cerebro sólo aprende si hay emoción”*. La clave no solo está en fomentar las emociones en el aula, sino más bien en enseñar con emoción. Por eso, un *“profesor excelente es capaz de convertir cualquier concepto, incluso de apariencia sosa, en algo interesante”* (Mora, 2013).

Aprender y memorizar en su esencia más pura, significa hacer asociaciones de eventos y experiencias que producen cambios en las neuronas y sus contactos con otras neuronas en redes que se extienden a lo largo de muchas áreas del cerebro.

El uso de metodologías activas conlleva inherentemente una activación de nuestros sistemas, incluido el nervioso. El simple hecho de participar de forma activa en una actividad o tarea de clase (en vez de solo escuchar y ver), requiere mayor oxigenación en nuestro organismo, también en el cerebro. Esta activación está sustentada por una serie de neurotransmisores que nos permiten un estado de alerta positivo y absolutamente adaptativo, del que se ha podido comprobar que facilita el aprendizaje y la formación de la memoria. Lo que nuestro organismo *“entiende”* cuando tenemos que tomar decisiones que pueden repercutir a un grupo, debatir o exponer en público, crear, planificar, manipular..., es que estamos ante una situación de alerta o placer, vinculadas a las acciones vitales del ser humano, supervivencia, planificación de la caza o pesca para alimentar a la tribu, huida ante depredadores, reproducción, etc. Situaciones que hoy día no tenemos que preocuparnos, pero

seguimos teniendo un órgano y funcionamiento muy similar al de nuestros antepasados.

Analicemos a continuación, los principales neurotransmisores y las hormonas relacionadas con el aprendizaje. Todas las que mencionamos y estudiamos, son liberadas al realizar cualquier actividad dentro de un contexto educativo en el que se están usando metodologías activas.

a) Las endorfinas

Cuando participamos en actividades grupales, tomamos una decisión que repercute a un grupo, jugamos o intentamos superar un reto o dar con la solución de un problema, nos movemos, manipulamos, hablamos en público, tomamos decisiones, interpretamos en una obra de teatro, exponemos en público o ante una cámara de vídeo... aumenta la capilarización y el flujo sanguíneo a nivel cerebral, aportando oxígeno y glucosa adicional al cerebro, facilitando así su funcionamiento. También sabemos que este tipo de actividades favorecen la liberación de endorfinas, hormonas que producen sensación de felicidad y euforia (Guillén, 2017).

Las endorfinas son neurotransmisores producidos por la glándula pituitaria (sistema nervioso central) de forma natural. Son las encargadas de producir sensaciones de bienestar, ya que combaten el malestar y disminuyen las sensaciones dolorosas. Actúan como analgésicos, lo que significa que disminuyen la percepción del dolor. También actúan como sedantes. Bisquerra (2009) llama a las endorfinas *“analgésicos naturales”*, y es que pueden llegar a ser hasta veinte veces más efectivos que los medicamentos contra el dolor. Además de ser inhibidores del dolor, las endorfinas actúan en el cerebro produciendo experiencias subjetivas como sensación de bienestar, disminución de la ansiedad, mejora de la autoestima y estado de ánimo, provocando un efecto de placer y relajación. Los estudios han demostrado que incluso pueden aliviar los síntomas de una depresión.

Si observamos a niños jugando en un parque, corriendo, saltando, trepando, reptando... veremos en sus caras la alegría, entusiasmo y motivación que genera esta acción. También veremos sus rodillas, espinillas, codos y manos repletas de contusiones y heridas. Las endorfinas segregadas en estas actividades hacen que el niño ni siquiera se haya dado cuenta de cuándo y cómo se hizo esas heridas o se dio ese golpe. Sin embargo, ante una simple caída en el hogar o por la calle, andando, sin que esta forme parte de un juego motriz, el niño romperá a llorar, sintiendo dolor.

Estos opiáceos endógenos están presentes siempre en los procesos afectivos de las emociones positivas. De ahí la importancia de la alegría en los contextos educativos de cualquier índole, para alcanzar un verdadero aprendizaje.

Tal como sugiere Daniel Goleman (2013) en su libro "Focus", los circuitos cerebrales de recompensa, ricos en dopamina (neurotransmisor relacionado con la motivación que estudiaremos a continuación), movilizan los sentimientos positivos para esforzarnos en el logro de nuestros objetivos y deseos. Esto se combina con los opiáceos endógenos cerebrales entre los que destacan las endorfinas. Si la dopamina aumenta la motivación y alienta la perseverancia, los opiáceos le agregan una sensación placentera (Goleman, 2013). Ambas sustancias son liberadas mientras realizamos actividades de enseñanza-aprendizaje o tareas ligadas a proyectos educativos, tareas competenciales y a las metodologías activas.

Por tanto, las endorfinas están presentes en el sistema de recompensa del cerebro. Entre otras muchas funciones, nos facilitan una sensación subjetiva de bienestar, nos hacen sentir bien y ser felices. Este neurotransmisor provoca una sensación positiva en el cuerpo similar a la de la morfina, de ahí la sensación de "euforia" que suele describirse tras la realización de una exposición en público cuando aplauden, la grabación de un vídeo tras numerosos intentos o tomas falsas, la finalización de un producto final ligado a un proyecto que llevas varias semanas

o meses trabajando, tras la consecución de un reto o la resolución a un problema que ha costado mucho esfuerzo conseguirlo.

¿Quién no ha sentido alguna vez el conocido estado de euforia o "subidón" tras correr durante un largo periodo de tiempo, llegar a la meta tras realizar una media maratón, al llegar a la cima de una montaña tras una larga caminata o escalando por sus laderas, tras finalizar una jornada de pedaleo en bicicleta o descender una montaña esquiando o realizando snowboard? Esta sensación asociada a un esfuerzo físico es similar cuando se hace un esfuerzo mental. Este sentimiento suele ir acompañado, de una actitud positiva y llena de energía. Muchas personas suelen utilizar este recurso de ir a correr un rato o practicar algo de ejercicio físico cuando se notan tensos, negativos o tras una discusión con sus parejas. Estar en una clase en donde el docente usa metodologías activas, podría servir de terapia a muchos alumnos que acarrean con ciertos problemas en su contexto familiar.

Sin lugar a dudas, esta es una de las mejores decisiones que podemos tomar si deseamos revertir la sensación o actitud negativa de un grupo de alumnos disruptivos o desmotivados por la enseñanza.

Es fácil deducir que un estudiante con sensación de bienestar, feliz y con una actitud positiva rendirá más que uno que no cuente con estos estados de ánimo. Sabemos que jugar, reírse, cantar, bailar, practicar un deporte, buscar pistas, resolver un enigma o prestar atención a un juego de magia, es fuente de emociones positivas y favorece la liberación de endorfinas. En esta línea, investigaciones recientes han puesto de manifiesto como bajo el efecto de emociones positivas, nuestra organización cognitiva nos permite pensar de forma más flexible, creativa y eficiente. Encontramos más soluciones a un mismo problema y pensamos de forma más abierta y creativa. En definitiva, resolvemos mejor los problemas que se nos puedan plantear, ya sean académicos o de cualquier otra índole de la vida.

b) La serotonina

La serotonina, también conocida como 5-HT, actúa tanto en el cerebro como fuera de este. En la sangre se comporta como una hormona y en el cerebro actúa como neurotransmisor. Esta sustancia puede ser encontrada en grandes cantidades por muchas partes del cuerpo, y por lo tanto un desajuste general en la producción de serotonina puede tener efectos drásticos sobre varios factores que afectan a nuestra manera de sentir y comportarnos. De hecho, la escasez de serotonina puede provocar en personas, cambios de humor y personalidad, insomnio, agresividad y anomalías en el razonamiento. Concretamente, esta hormona ha estado asociada durante muchos años a los síntomas de la depresión, ya que las personas con un trastorno de este tipo acostumbra a tener bajas concentraciones de serotonina en sangre. Sin embargo, no se sabe hasta qué punto es el déficit de serotonina lo que produce la depresión o viceversa. Por el contrario, se sabe que los altos niveles de serotonina aumentan los sentimientos de calma y bienestar, mejoran el estado de ánimo y los patrones de sueño, aumentan la tolerancia al dolor y reducen los antojos de comida (Somer, 1995).

Entre otras funciones, la serotonina sirve para regular la digestión. De hecho, las mayores concentraciones de serotonina no están en el cerebro sino en el tracto gastrointestinal, influyendo sobre la aparición (o ausencia) del apetito (Somer, 1995). Los alimentos ricos en ácidos grasos omega-3 modulan el efecto de la serotonina (también de la dopamina y noradrenalina). Los alimentos ricos en vitamina B12, B6 y ácido fólico participan en el proceso de metilación referido a la producción de muchos neurotransmisores, entre otros la serotonina (Hanson y Mendius, 2012).

La serotonina sirve también para estabilizar el estado emocional del ser humano ante situaciones de tensión. Concretamente, sirve para inhibir la agresividad y las conductas violentas que pueden derivarse de ella. Así pues, las personas más impulsivas y violentas tienden a tener menos niveles de serotonina actuando sobre puntos clave del cerebro que aquellas que son más pacíficas.

La ingesta de alimentos ricos en omega-3, así como los carbohidratos complejos², favorecen la producción de serotonina. Este neurotransmisor también es liberado con la realización de ciertas actividades como recibir un masaje, revivir momentos felices, actividades que potencian la relajación (antiestrés) como Mindfulness, Yoga, Pilates, meditación, ejercicios de respiración profunda o cualquier tipo de juego, deporte o actividad física. Se ha visto como jugar y realizar actividad física produce calma, control de uno mismo, adaptabilidad y humor estable, por tanto, favorece la liberación de serotonina.

Desde una perspectiva neuroeducativa, sabemos también que el *feedback* positivo libera serotonina en el cerebro, reforzando la sensación de calma y felicidad. De ahí la gran importancia de suministrar este tipo de *feedback* a nuestros escolares, aprendices o discentes. De hecho, el *feedback* es una de las maneras más importantes de ayudar a que el cerebro de nuestros estudiantes o discípulos se convierta en un sistema de aprendizaje eficaz (Sousa, 2017). Hablábamos al inicio que repasar, el ensayo-error, el juego, la evaluación formativa... eran parte de nuestros ingredientes esenciales del aprendizaje. Con todos ellos, se genera una retroalimentación o *feedback* que el alumno percibe como positivo (siempre que eliminemos el castigo, la crítica destructiva, el error como algo negativo). En un juego de preguntas y respuestas, no se produce el miedo que el alumno tiene al contestar cuando hace un

² Los carbohidratos simples como pan blanco, arroz blanco, pasta normal, pasteles, dulces y otros productos con azúcar refinado, no favorecen la producción de serotonina.

examen, una prueba escrita individual, el miedo a equivocarse, el miedo a preguntar, el miedo al ridículo... todas ellas, deberían estar lo más alejadas posible de nuestros planteamientos didácticos.

c) La oxitocina

La oxitocina es la hormona del vínculo, involucrada en la formación de relaciones de confianza y generosidad. Hormona a la que somos muy sensibles en la adolescencia, lo que hace tan gratificante las relaciones sociales en esta edad. Las relaciones sociales en la adolescencia son primordiales y muy gratificantes, lo que justifica la necesidad del adolescente por relacionarse con compañeros de su misma edad. Es una necesidad cerebral, como si se tratara del alimento de nuestro cerebro en la adolescencia. De ahí que sean tan importantes las relaciones sociales en esta etapa de la vida. No podemos pasar por alto, recordar que el suicidio es la primera causa de muerte entre los adolescentes, ocasionado en la mayoría de los casos, por cuestiones relacionadas con la salud social como el acoso escolar o el ciberacoso. Que importante es trabajar la autoestima, el autoconcepto o la salud emocional en general, durante los primeros años de vida, para que en la adolescencia tengamos las herramientas necesarias para enfrentarnos a este tipo de situaciones. Sin lugar a dudas, realizar actividades donde la pertenencia a un grupo y conseguir un objetivo común sea el pilar metodológico del proceso de enseñanza, ayudarán bastante.

Es muy importante observar al alumnado, estudiarlo, analizarlo a través de sociogramas, encuestas, entrevistas o diálogos. Debería ser una práctica habitual en nuestras aulas, necesaria para detectar las relaciones socio-afectivas previas y obtener pistas para reforzarlas y crear nuevas relaciones con tacto e inteligencia emocional (habilidad esencial que consideramos primordial en el docente actual).

Los expertos en educación emocional aconsejan que, en la duración de una sesión (una clase o lección), al menos una vez por alumno, debemos haber tenido contacto con todos los estudiantes del grupo. Dejando claro que ese "contacto" podría ser visual, verbal o no verbal. A veces un gesto, una palmada en la espalda, una mirada de complicidad o un guiño es suficiente para que el alumno empiece a sentirse mejor en nuestra clase, crear vínculo, liberar oxitocina.

d) La dopamina

Las neuronas dopaminérgicas (como su propio nombre indica) gestionan la producción de dopamina jugando un papel substancial en la motivación o "acción de moverse hacia" (del latín *motivus*, que significa "moverse hacia", y del sufijo "ción" que significa "acción").

En los niños y adolescentes existe una sensibilidad muy grande del cerebro a la dopamina, neurotransmisor cerebral que desempeña un papel fundamental en el control de la atención o la cognición y que activa los circuitos de gratificación (el placer). Esto explica que los niños y adolescentes den más importancia a la recompensa que a los riesgos en la búsqueda de lo novedoso. La recompensa o placer puede ser material o emocional. El hecho de sentirse bien con uno mismo, ayudar a los demás, sentirse útil, recibir un reconocimiento social, de tus padres, amigos, profesores... todos ellos podrían encuadrarse en un tipo de motivación u otro, según la teoría de la autodeterminación. Sin entrar en detalles, decimos que la dopamina asociada al placer y a la recompensa, es parte fundamental de un programa basado en la neuroeducación. Ahora bien, lo ideal es que esa motivación sea intrínseca.

Un ejemplo claro de recompensa extrínseca, que se balancean en una cuerda floja entre lo sano y lo patológico, son los "likes" (o "me gusta") que todas las redes sociales incorporan en sus aplicaciones. Sabedores del efecto

“droga” que pueden llegar a producir en el cerebro de las personas, especialmente en los adolescentes. Y es que esta población, como ya decíamos, es más sensible a la dopamina, que los adultos, por tanto, son más vulnerables. Las redes sociales crean adicción, son las mayores “ladronas de tiempo” que existen en la actualidad, de ahí que es imprescindible y necesario conocer este hecho y trabajarlo en nuestras aulas, educar en su uso y concienciarles sobre los peligros que un mal uso del móvil y redes sociales podría acarrearles, en ocasiones irreversibles. En algunos centros educativos se está prohibiendo el uso del móvil. Lejos de ser esta la mejor solución, lo que se consigue a nivel cerebral con la prohibición puede volverse en nuestra contra, porque el deseo de conseguirlo disparará la producción de dopamina, lo que hará que cuando lo puedan utilizar, lo usen de forma más descontrolada, patológica o incluso les genere ansiedad. Sin duda, la solución está en la educación y no en la prohibición.

La dopamina es un neurotransmisor muy beneficioso, cuando se consiguen incrementar sus niveles de una forma óptima y saludable, por ejemplo, mientras se juega o se intenta resolver un problema o reto pedagógico.

Desde siempre, este neurotransmisor se ha relacionado con la motivación, pero también se relaciona con el buen humor, provocando una mayor perseverancia para conseguir un reto, un objetivo o una meta.

Es conocida como la hormona de la recompensa, lo que nos hace volver a repetir un comportamiento. Por ejemplo, cuando comemos al tener la sensación de hambre o cuando logramos un objetivo tras correr un riesgo. Si el objetivo es educativo y conseguimos generar más dopamina en nuestros discentes a través de juegos, retos o proyectos que emocionen, podríamos conseguir que aumentara la motivación del alumnado y por tanto la atención en el aula. En definitiva, su rendimiento académico.

Sabemos que mientras se juega se libera dopamina debido a la incertidumbre y posterior

recompensa cerebral, favoreciendo con ello la transmisión de información entre el hipocampo y la corteza prefrontal, promoviendo así la memoria. Por tanto, si unimos aprendizaje y juego, retos, problemas o enigmas a resolver, etc., estos efectos se verán favorecidos.

e) La adrenalina y la noradrenalina

Tanto la adrenalina (epinefrina), como la noradrenalina (norepinefrina), actúan como hormonas y neurotransmisores.

La primera es una hormona vasoactiva secretada por las glándulas suprarrenales bajo situaciones de alerta o emergencia. La segunda (noradrenalina) es comúnmente conocida como la hormona del estrés, afecta partes del cerebro tales como la amígdala cerebral, donde la atención y respuestas son controladas. Junto con la adrenalina, la noradrenalina también subyace la reacción de lucha o huida, incrementando directamente la frecuencia cardíaca, desencadenando la liberación de glucosa de las reservas de energía e incrementando el flujo sanguíneo hacia el músculo esquelético. Desde un punto de vista fisiológico, dada la relación de estas hormonas con nuestro sistema de alerta, lucha y huida, predispone al organismo para estas situaciones esenciales para la supervivencia en nuestros antepasados. Esto es, provoca aumentos en la concentración de glucosa en sangre, aumenta la tensión arterial, aumenta el ritmo cardíaco, dilata la pupila para tener una mejor visión, aumenta la respiración e incrementa el suministro de oxígeno al cerebro. Por tanto, si favorece la oxigenación del cerebro, favorecerá también todas las funciones cognitivas del mismo.

Se dice que, ante situaciones de alerta o emergencia, producimos más adrenalina. Por suerte, en la actualidad, estas situaciones pueden no ser habituales, pero si podemos provocarlas mediante actividades controladas. Por ejemplo, mediante la vivencia de una aventura educativa, una experiencia, la creación de un proyecto que ayude a la sociedad, a la

convivencia del centro, o simplemente en una clase en la que haya que superar retos, descifrar enigmas, superar obstáculos o conseguir puntos para tu equipo.

Son tantos los beneficios de esta hormona en nuestro organismo, que hoy día se utiliza a través de inyecciones, para tratar reacciones alérgicas potencialmente mortales causadas por las mordeduras de insectos, alimentos, medicamentos, látex y causas de otro tipo. También se están realizando experimentos con esta hormona para el tratamiento del cáncer y reducir su sintomatología.

Sabemos que cuando estamos distraídos los niveles de noradrenalina suelen ser bajos. Por el contrario, en situaciones emocionantes o de estrés moderado como puede ser realizando tareas competenciales en el aula, la activación de estructuras cerebrales como la amígdala y la liberación en la sangre de hormonas como la adrenalina pueden contribuir a la facilitación del aprendizaje y la memoria, actuando directa o indirectamente sobre los circuitos neuronales del cerebro, mejorando así todas las funciones del cerebro y especialmente las ejecutivas.

f) Los glucocorticoides

Los glucocorticoides se producen principalmente en la corteza suprarrenal de los seres humanos y son el cortisol, la cortisona y la corticosterona. El cortisol es el glucocorticoide más importante en el ser humano.

Uno de los factores más interesantes relacionados con la producción de cortisol es el estatus social. La dominancia ha sido especialmente estudiada en las interacciones sociales en primates observándose niveles más altos de glucocorticoides en los miembros subordinados de una manada al ser comparados con los rangos superiores. Estas concentraciones elevadas se relacionaban con una mayor probabilidad de inhibición de las conductas exploratorias, exponiendo con mayor frecuencia a los primates subordinados a enfermedades y situaciones de exclusión social (por ejemplo,

relaciones abusivas, parasitación por falta de acicalamiento, infecciones y heridas producto de las agresiones continuadas). Bajo estas condiciones de vida los costes energéticos y emocionales derivados de la supervivencia son muy altos y consecuentemente ser dominado resulta claramente aversivo para los estatus sociales más desfavorecidos del grupo. Trasladando estos indicios a la sociedad contemporánea, también se ha sugerido un impacto importante sobre las variables fisiológicas, la calidad de vida y la salud de las personas con bajos ingresos o en riesgo de exclusión social al ser comparadas con las clases socioeconómicas más acomodadas.

Es lógico pensar que, del mismo modo que poseer una habilidad que es valorada positivamente por los demás incrementa la autoestima y vigoriza al individuo para afrontar retos de mayor envergadura, verse expuesto a situaciones de rechazo social afectará emocional y físicamente. Este hecho, sin duda, podría afectar al rendimiento académico de los escolares.

Esta hipótesis tiene relación directa con la importancia de no etiquetar a nuestros escolares, aspectos como la atención a la diversidad, la inclusión y al tratamiento igualitario de los niños y niñas, sea cual sea su situación, género o contexto social. Pongamos de ejemplo aquí al conocido neurocirujano Benjamin Solomon Carson (Ben Carson), el primer médico en realizar una hemisferectomía a una persona, que consiste en extraer la mitad del cerebro. Nació en Detroit en 1951, época en la que ser afroamericano no era bien visto, máxime si vivías en una zona pobre y tus padres estaban separados. Llegó a ser motivo de burlas en el colegio, etiquetado como mal estudiante incluso por sus propios profesores. A punto estuvo de no terminar sus estudios de primaria. Gracias a la perseverancia y ayuda de su madre, quien se preocupó de quitarle esa idea de la cabeza, se dio cuenta que no era un inepto como así le hacían ver sus compañeros de clase y algunos maestros. No solo se graduó en el colegio, sino que llegó a

ser uno de los mejores alumnos, estudió dos carreras universitarias (Psicología y Medicina) y hoy día es considerado como uno de los mejores neurocirujanos de la historia, dirigiendo numerosas operaciones de alto riesgo.

4. Factores neurotróficos

Hasta hace pocos años se creía que nacíamos con un número de neuronas fijo, el cual íbamos perdiendo progresivamente con la edad, al igual que nuestras capacidades cognitivas. Este es uno de los más destacados “neuromitos” que la neurociencia se ha encargado de desmitificar. En la actualidad existen evidencias científicas que demuestran que no solo podemos generar nuevas conexiones neuronales entre las neuronas que ya existen (sinaptogénesis), sino que además podemos generar nuevas neuronas (neurogénesis). Este hecho ocurre cuando las células madre, un tipo especial de célula que se encuentra en ciertas regiones cerebrales, se divide en dos células: una seguirá siendo célula madre y la otra se convertirá en una neurona nueva totalmente equipada, con axones y dendritas. Sabemos que el hipocampo es una de las regiones cerebrales donde existen estas células madre y la mejor forma para potenciar la neurogénesis es mediante la actividad física. También parece que este tipo de células madre se suelen encontrar en la corteza prefrontal, zona encargada de las funciones ejecutivas, por tanto, con gran trascendencia con el aprendizaje y resto de funciones cognitivas. No obstante, cuando las nuevas células han sido creadas en una determinada zona del cerebro, luego pueden migrar a otras áreas (incluso distantes entre sí), donde son requeridas, permitiendo de esta forma que el cerebro mantenga su capacidad neuronal.

La neurogénesis se relaciona con el aprendizaje, pero realmente la mayor incidencia no es la creación de nuevas neuronas en sí, sino la capacidad de cambio entre sus conexiones, es

decir, el debilitamiento o fortalecimiento de estas sinapsis capaces de modificarse en función de las necesidades de aprendizaje. Evidentemente el hecho de haber mayor número de neuronas facilita el proceso, pero parece tener mayor relación la plasticidad que se origina al producirse nuevas conexiones neurales y debilitar las que no sirven. Sería como una especie de poda de aquellas ramas del árbol que no son fértiles o son poco fértiles en ese momento, para que en próximas cosechas haya más y mejores frutos. Esta plasticidad cerebral es la que nos permite aprender a lo largo de toda la vida, aunque hay etapas de mayor sensibilidad, como la infancia temprana o la adolescencia.

En resumen, la neuroplasticidad es la capacidad de cambio por parte del cerebro a lo largo de su vida, como reacción a la diversidad del entorno a nivel molecular, estructural y funcional.

4.1. ¿Qué son y para qué sirven los factores neurotróficos o neurotrofinas?

Los factores tróficos necesarios para la supervivencia de las neuronas, se denominan factores neurotróficos, dentro de los cuales existen varias familias. Las neurotrofinas constituyen una de ellas. La supervivencia de la mayoría de las neuronas parece depender no solamente de una única molécula, sino de múltiples factores de la misma familia o de distintas familias que pueden ser requeridos secuencialmente o simultáneamente.

Las neurotrofinas, también llamadas factores neurotróficos, pertenecen a una familia de factores de crecimiento. Son unas proteínas capaces de enviar señales a algunas neuronas para que sobrevivan, se diferencien o crezcan, favoreciendo con ello su supervivencia, por tanto, la plasticidad cerebral. Dicha familia está formada por el factor de crecimiento nervioso (NGF, del inglés, nerve growth factor), el factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF, del inglés brain-derived neurotrophic factor), la

neurotrofina-1 (NT-1), la neurotrofina-3 (NT-3) y la neurotrofina-4 (NT-4).

Los factores de crecimiento como las neurotrofinas, promueven la supervivencia, el desarrollo y la función de las neuronas. Son responsables de adaptaciones tan importantes como el aumento del número de neuronas (neurogénesis), el aumento de capilares sanguíneos (angiogénesis) y el aumento de sinapsis (sinaptogénesis).

Investigaciones con neuroimagen han constatado que las metodologías activas y con ellas, el fomento de hábitos de vida saludable, como hacer actividad física, descansar correctamente y tener una buena salud social y mental, se relacionaba con el volumen de ciertas estructuras cerebrales importantes para los procesos cognitivos asociados al aprendizaje, tales como el hipocampo o los ganglios basales.

Se sabe que el hipocampo es una estructura con forma de “caballito de mar” (de ahí su nombre)³, perteneciente al sistema límbico y situada en lóbulo temporal medial, se relaciona especialmente con la memoria a largo plazo y explícita (también llamada relacional), que origina recuerdos conscientes sobre el conocimiento del mundo. Es muy importante para los procesos de aprendizaje y puede moldearse a lo largo de la vida, fundamentalmente con la práctica regular de actividad física.

La gran mayoría de las neuronas en nuestro cerebro se forman antes de nacer y durante los primeros años de vida. A pesar de ello, algunas partes del cerebro adulto (por ejemplo, el hipocampo) mantienen la capacidad de sintetizar nuevas neuronas (neurogénesis) a partir de células madre. Esto es gracias, en gran medida, a los factores neurotróficos.

5. Consideraciones finales

La sociedad está cambiando y con ella los pensamientos de las personas, las formas de

ocupar su tiempo libre y de ocio, las formas de afrontar rutinas diarias que antes eran esenciales para la supervivencia como caminar, subir escaleras, moverse para ir a trabajar, bailar en los actos sociales, etc. Hoy día moverse, resolver problemas, pensar, memorizar... no es tan necesario para los ciudadanos de este siglo, la llamada sociedad del confort, donde prácticamente todo lo podemos conseguir a golpe de clic.

Este hecho está ocasionando que nuestros escolares no necesiten esforzarse demasiado a nivel cognitivo para aprobar o pasar de curso (a veces incluso lo hacen por imperativo legal). Los padres no ayudan sobreprotegiendo a sus hijos, haciendo los deberes por ellos, tomando decisiones por ellos, eligiendo incluso hasta su forma de vestirse, regalándoles juguetes que lo llevan todo y apenas tiene que pensar para jugar con ellos, muñecos que hacen los ruidos, coches con sonidos, patinetes eléctricos o coches teledirigidos, videojuegos, etc. Este tipo de juguetes, no fomentan la creatividad o la imaginación, tan importante en la infancia. A esto se añade la reducción de horas de juego en los parques o en la calle con amigos, porque hace mucho frío o calor, porque es demasiado peligroso o porque las calles ya no están hechas para jugar, sino para tomar café, comer o consumir (esto tampoco ayuda). Hace unos años pasábamos todo el día jugando en la calle, cuando no estábamos en el colegio. Las consecuencias del COVID-19 podría agravar esta situación en los próximos años, incrementando aún más si cabe, el ocio sedentario. Pasarán varios años hasta ver de nuevo los parques repletos de niños y escuelas deportivas funcionando a su máximo rendimiento. Niños con 4-5 años de ahora, que se podrían haber “enganchado” a un deporte o actividad activa, como el teatro, baile, robótica o talleres manipulativos, y que ahora podrían estarlo a los videojuegos, por culpa del cierre de escuelas y centros deportivos de barrio,

³ *Hipocampus* en latín, significa caballito de mar.

asociaciones o clubes que no han resistido a esta pandemia.

¿Qué consecuencias podría acarrear este hecho a la salud y a la economía pública? Un incremento de muertes futuras por enfermedad cardiovascular, incremento de personas con depresión y con dificultades de aprendizaje, incremento de bajas labores por incapacidad, peores niveles de rendimiento cognitivo en nuestros escolares, mayor necesidad de recursos personales y económicos para atender a estas personas y situaciones.

A todo esto, se añade, que los cerebros de nuestros jóvenes están cambiando, no necesitan memorizar datos (están memorizados en sus teléfonos móviles), resolver los problemas del día a día de ahora, no son los mismos que los de hace 20 años, tienen motivaciones e inquietudes personales diferentes a las que teníamos hace 20 años ¿están cambiando también las formas de enseñar de hace 20 años?

Cada vez más encontramos en nuestras aulas niños y adolescentes que están desmotivados por la enseñanza, se inventan excusas para no participar en clase. Esta es en esencia, la realidad de numerosos centros educativos y escolares. Cuando un niño “no practica” Lengua, Matemáticas, Inglés, Biología, Geografía, Física o Química, seguramente no estudiará una carrera universitaria de esa asignatura. Cuando un niño o adolescente “no practica” tareas donde tenga que resolver problemas, tomar decisiones, crear, imaginar, memorizar, etc., tanto su desarrollo cerebral como su salud mental podrían verse afectadas a corto, medio y largo plazo.

Todos los hallazgos y evidencias científicas en torno a la neurociencia, sugieren que las actividades de enseñanza-aprendizaje que fomentan la autonomía, la planificación cognitiva, el trabajo en equipo, aprendizaje cooperativo, la creatividad, etc., podría ser un factor de prevención de primer orden, para evitar enfermedades mentales, alumnos con dificultades de aprendizaje, dislexia, discalculia,

TDAH... contribuyendo además a un óptimo desarrollo del cerebro, salud mental y todo cuanto ello conlleva (mejores habilidades cognitivas, mejor capacidad de aprendizaje, memoria, atención, prevención de la depresión, etc.).

El uso de metodologías activas, inductivas, resolución de problemas, fomento de la autonomía y toma de decisiones en un mismo momento, en una misma actividad, en una misma sesión o clase puede ser sin duda, uno de los mejores entrenamientos que le podamos ofrecer al cerebro de un niño, adolescentes o adulto. Y no solo mejoraremos su salud mental y desarrollo cognitivo, al mismo tiempo estaremos contribuyendo a la mejora de su salud interior y emocional.

Conocer y aplicar los principios neurocientíficos del aprendizaje, no solo mejorará el aprendizaje de nuestros alumnos y les hará ser mejores personas en el mundo, sino que además, también mejorará la forma de enseñar, estar más cómodos en clase, más tranquilos, con menos estrés, con mayor control del grupo, en definitiva, ser mejores docentes y vivir más feliz.

Bibliografía

1. ARDOY, D.N., COLLADO-MARTÍNEZ, J.Á. Y PELLICER, I. (2020). Modelos pedagógicos en Educación Física. Poland: Amazon.
2. BARDE, Y.A., EDGAR, D. Y THOENEN, H. (1982). Purification of a new neurotrophic factor from mammalian brain. *The EMBO Journal*, 1982;1:549–553. PMID: PMC553086 [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC553086/].
3. BINDER, D.K. Y SCHARFMAN, H.E. (2004) Brain-derived Neurotrophic Factor. *Growth Factors*, 22(3): 123–131. doi: 10.1080/08977190410001723308. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2504526/>.
4. BISQUERRA, R. (2009). *Psicopedagogía de las emociones*. Madrid: Síntesis.
5. DIAMOND, A. (2013). Executive functions. *The annual review of psychology*, 64, 135-168.
6. DIAMOND, A. Y LING, D. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 18, 34-48.
7. ERICKSON K. I., HILLMAN, C. H. Y KRAMER, A. F. (2015). Physical activity, brain, and cognition. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 4, 27–32. doi:10.1016/j.cobeha.2015.01.005.
8. FUSTER, J. M. (2002). Frontal lobe and cognitive development. *Journal of Neurocology*, 31, 373-385.
9. GUILLÉN, J.C. (2017). *Neuroeducación en el aula. De la teoría a la práctica*. Poland: Amazon.
10. GOLEMAN, D. (2013). *Focus: desarrollar la atención para alcanzar la excelencia*. Barcelona: Kairós.
11. GOLDBERG, E. (2004). *El cerebro ejecutivo: Los lóbulos frontales y mente civilizada (2a. ed.)*. Barcelona: Crítica.
12. HANSON, R. Y MENDIUS, R. (2012). *El cerebro de Buda. La neurociencia de la felicidad, el amor y la sabiduría*. Santander: Milrazones.
13. HILLMAN, CH., ERICKSON, K.I. Y KRAMER, A.F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*. 9(1):58-65. doi: 10.1038/nrn2298.
14. LOZANO, A. Y OSTROSKY, F. (2011). Desarrollo de las Funciones Ejecutivas y de la Corteza Prefrontal. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 11, Nº1, pp. 159-172.
15. MORA, F. (2013). *Neuroeducación. Sólo se puede aprender aquello que se ama*. Madrid: Alianza Editorial.
16. PELLICER ROYO, I., LÓPEZ GONZÁLEZ, L., MATEU SERRA, M., MESTRES PASTOR, L., MERITXELL, M.H. Y RUIZ OMEÑACA, J.V. (2015). *NeuroEF. La revolución de la Educación Física desde la Neurociencia*. Barcelona: Editorial INDE.
17. SOMER, E. (1995). *Food and mood: The complete guide to eating well and feeling your best*. New York: Henry Holt.
18. SOUSA, D.A. (2017). *Neurociencia educativa. Mente, cerebro y educación*. Madrid: Editorial Narcea.
19. STUSS, D.T. Y LEVINE, B. (2000). Adult clinical neuropsychology, lessons from studies of the frontal lobes. *Annual Review of Psychology*, 53, 401-403.