



Trabajo Fin de Grado

Neurociencia, neuroeducación y funciones ejecutivas. Un repaso por los conceptos clave.

Autor/es

Clara Iglesias Berdejo

Director/es

Pilar Gil Lacambra

Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación. Campus de Huesca.

Año 2023-2024

Índice

1. Introducción y justificación.	4
2. Marco teórico sobre neuroeducación.	5
2.1. Nociones básicas sobre neurociencia.	5
2.2. El cerebro en la infancia.	7
2.3. La neuroeducación.	9
3. Los procesos de enseñanza y aprendizaje desde la neuroeducación.	13
3.1. Atención y memoria.	13
3.1.1. Atención.	14
3.1.2. Memoria.	17
3.2. Funciones Ejecutivas.	19
3.3. La influencia de las emociones y la importancia del vínculo en el aula.	23
3.4. Aprendizaje basado en el juego y gamificación.	26
3.5. La creatividad.	29
3.6. El cerebro social.	31
3.7. Espacios de aprendizaje.	32
3.7.1. Aspectos a tener en cuenta a la hora de diseñar un entorno.	33
3.7.2. Neuroarquitectura.	35
4. Atención a la diversidad.	39
4.1. A lo largo de la historia y Objetivos de Desarrollo Sostenible.	39
4.2. Mejora de las funciones ejecutivas.	42
5. Conclusiones y valoración personal.	44
6. Referencias bibliográficas.	45

Neurociencia, neuroeducación y funciones ejecutivas. Un repaso por los conceptos clave.

Neuroscience, neuroeducation and executive functions. A review of the key concepts.

- Elaborado por Clara Iglesias Berdejo.
- Dirigido por Pilar Gil Lacambra.
- Presentado para su defensa en la convocatoria de Junio del año 2024
- Número de palabras (sin incluir anexos): 17.956

Resumen

La neurociencia y todas las posibilidades que ofrece, abrieron la puerta a una gran cantidad de nuevas disciplinas entre las que se encuentra la neuroeducación. La neuroeducación, que trata de enlazar la información obtenida en la neurociencia con los principios educativos, propone un conjunto de conceptos clave (memoria, atención, actividad física, funciones ejecutivas, emociones, juego, espacios de aprendizaje, creatividad, aprendizaje cooperativo...) sobre los que se va a profundizar con el fin de comprender el proceso de enseñanza y aprendizaje desde un panorama distinto en el que se aplican los conocimientos neurocientíficos. La Atención a la Diversidad, contemplada desde la perspectiva de la neurociencia y, concretamente, desde las funciones ejecutivas, también tiene cabida es esta propuesta de trabajo.

Palabras clave

Neurociencia, neuroeducación, proceso de enseñanza-aprendizaje, funciones ejecutivas.

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN.

La neurociencia ha tenido una gran evolución a lo largo de la historia y se podría decir que no comenzó en el momento en el que se acuñó el término, sino que cuenta con un pasado mucho más amplio. Ya desde antes del siglo XIX, los filósofos comenzaron a aportar diversas teorías relacionadas con el funcionamiento del cerebro, los procesos del mismo y cómo estos dan lugar a las respuestas del individuo. Algunas hipótesis a destacar son la de Alcmeón de Crotona, que sostuvo que los sentimientos y pensamientos surgían siempre del cerebro; la de Aristóteles, que afirmaba que el conocimiento se encontraba en el corazón y la racionalidad surgía del cerebro; la de Galeno, que defendió, teniendo en cuenta su dureza, que el cerebelo se encargaba de los músculos, el cerebro de los recuerdos y que este último y el corazón estaban relacionados de tal forma que las sensaciones corporales dependían del flujo de los sentimientos a través de los nervios (Cavada, s.f.); y la de Descartes, que dividía la conducta humana en el cuerpo, que controla la parte más animal e instintiva, y la mente, que domina la parte racional (Cavada, s.f.; Estany, 2013).

Con el paso del tiempo, el descubrimiento de la psicofarmacología (Paz et al., 2018) y el desarrollo de las nuevas tecnologías, se han puesto a disposición diversas herramientas que han permitido y facilitado el análisis de las funciones que lleva a cabo el cerebro (Estany, 2013; Paz et al., 2018). Además, a la hora de realizar las investigaciones se cuenta con el apoyo de diversidad de disciplinas, lo que ha hecho que poco a poco se vaya teniendo en cuenta a la neurociencia en otros ámbitos, no exclusivamente en el científico. Actualmente, está ganando mucho peso en el terreno educativo por la relación existente entre el cerebro y el proceso de enseñanza-aprendizaje (Paz et al., 2018), razón principal por la que se ha decidido escoger esta temática. Con este trabajo se pretende aclarar los conceptos básicos sobre las funciones del cerebro, la neurociencia y neuroeducación, profundizar en las funciones ejecutivas y conocer la influencia de las emociones y de algunos procesos cerebrales en el aprendizaje.

2. MARCO TEÓRICO SOBRE NEUROEDUCACIÓN.

2.1. Nociones básicas sobre neurociencia.

La neuroeducación es una reciente disciplina que ha dado un giro a la educación en los últimos años (Maureira, 2010; Paz et al., 2018) pero, para entender de dónde surge y en qué consiste, es imprescindible conocer antes qué es la neurociencia. Hay varias definiciones de neurociencia, pero, de forma general y básica, todas ellas la consideran como la unión de especialidades cuyo objetivo es el estudio del sistema nervioso (cerebro, médula espinal y neuronas) (Eunice Kennedy Shriver National Institute of Child Health and Human Development [EKNICHHV], 2019; Maureira, 2010; Paz et al., 2018).

La neurociencia, a pesar de ser un término reciente, tiene una larga historia que se remonta a antes del siglo XIX (Cavada, s.f.) como bien se ha explicado en la introducción. De hecho, hay autores como Blanco (2014), que a partir de este momento dividen la evolución de la neurociencia en seis etapas: la primera va desde la Antigüedad hasta la Edad Media; a continuación se encontraría la revolución científica; la tercera sería el siglo XVIII, cuando se descubrió la actividad eléctrica; la cuarta se encontraría en el siglo XIX, cuando se asociaron funciones humanas a diferentes regiones corticales; la siguiente se encontraría a finales del siglo XIX, época que se centra en la neurona; y la última se consideraría como el nacimiento del uso de la neurociencia alrededor de los años 60.

En un primer momento, las dudas que trataban de resolver los filósofos dieron lugar a dos corrientes: primero una en la que se consideraba que el corazón era el núcleo de todos los comportamientos (cardiocéntrica) y luego otra que apostaba por el cerebro. En el Imperio Romano, Galeno aprovechó sus conocimientos médicos para diseccionar animales y, gracias a esto, pudo realizar numerosos descubrimientos sobre el funcionamiento de los nervios y el cerebro que se mantuvieron durante parte de la Edad Media por ser considerados irrefutables. Durante la época del Renacimiento, destacó la figura de Leonardo da Vinci que diseccionó y legó a la sociedad una gran cantidad de representaciones del cuerpo humano e información sobre el funcionamiento del cerebro. Más adelante, Descartes también hizo grandes aportaciones: apoyó la idea de que por los nervios circulaban espíritus animales y propuso las primeras nociones sobre los

reflejos diciendo que, ante un estímulo que afectaba al cuerpo, se mandarían señales por los nervios hasta el cerebro, donde entrarían en contacto con los espíritus los cuales harían que se retirara el contacto con dicho estímulo. A continuación, destacaron Luigi Galvani, una de las personas que investigó acerca de la posibilidad de que el ser humano tuviera una electricidad interna, y Du Boys-Reymond que finalmente, a través de varios experimentos, consiguió demostrar la existencia de esta (Palacios, 2020). En el siglo XIX, surgieron unas nuevas preocupaciones relacionados con la ubicación de las funciones del ser humano en las distintas regiones del cerebro lo cual dio lugar a diferentes investigaciones con las que obtuvieron diferentes resultados, los más recientes apoyando la idea de que las funciones se pueden localizar en ciertas zonas. El estudio del lenguaje también hizo varias contribuciones a este dilema que se acaba de mencionar y según Wernicke, una de las personas más representativas de estas investigaciones, sólo se localizaban algunas funciones simples en áreas concretas del cerebro y la conexión entre ellas es lo que daba lugar a las más complejas (Cavada, s.f.). El último gran hallazgo del siglo XX que hicieron Rizzolatti, Gallese, Fadiga y Fogassi y que estuvo relacionado con el cerebro fue el descubrimiento de las neuronas espejo, que marcó un antes y un después (Palacios, 2020). A partir de este momento, el desarrollo de las nuevas tecnologías y las incessantes preguntas acerca del cerebro dieron lugar a que en 1960 se acuñara el término de neurociencia y que se profundizará en el conocimiento del sistema nervioso (Cavada, s.f.; Duque et al., 2011; Palacios, 2020).

En definitiva, la neurociencia tiene un largo recorrido y esto ha dado lugar a numerosas teorías a lo largo del tiempo. Pero la pregunta que surge y con la que se concluirá este apartado es ¿qué se sabe actualmente sobre el funcionamiento del sistema nervioso y el cerebro? El sistema nervioso se divide en dos: el central y el periférico, el cual está compuesto por nervios que circulan información alrededor del sistema central. Por su parte, el central se compone por la médula, que lleva toda la información hasta el cerebro, y por el encéfalo, que se encarga de tomar todas las decisiones, coordinar las funciones del organismo y que, a su vez, se subdivide en el tallo cerebral, el cerebelo y el cerebro (Instituto Neurológico Integral Beremia [INIB], 2021). Este último, que cuenta con dos hemisferios que se comunican entre sí gracias al cuerpo calloso, es el encargado de recibir los estímulos, tanto internos como externos, procesarlos y desencadenar unas respuestas. Además, el objetivo principal del cerebro es que el ser humano se mantenga en contacto con el medio a través de funciones que se han

clasificado en sensitivas, que es cuando procesa la información recogida mediante los sentidos, motoras, que hace referencia a los gestos motores que realiza el organismo, e integradoras, que son todos aquellos procesos mentales como la memoria o el aprendizaje (Braidot, 2013). Finalmente, hay que señalar que el sistema nervioso cuenta con una gran cantidad de células, denominadas neuronas, que transmiten información y se comunican entre sí gracias a una estructura llamada sinapsis, la cual está formada por una célula presináptica, un espacio sináptico y una célula postsináptica. En este proceso, la primera es la que forma neurotransmisores, que son unas sustancias empleadas por determinadas neuronas que participan en diferentes actividades cerebrales, que viajan por el espacio sináptico hasta llegar a la neurona postsináptica (INIB, 2021).

2.2. El cerebro en la infancia.

Ahora que están sentadas las nociones básicas sobre neurociencia, se va a realizar un análisis del papel que juega el sistema nervioso, y más concretamente el cerebro, en la primera infancia.

El cerebro está compuesto por una gran cantidad de partes que realizan funciones diferentes y, entre estas, se pueden encontrar las siguientes: el bulbo raquídeo, que se encarga de funciones vitales como respirar; la corteza cerebral, que almacena gran cantidad de información, recupera recuerdos, toma decisiones y gestiona emociones; el cuerpo calloso, que como se explicó anteriormente comunica los dos hemisferios del cerebro; el cerebelo, que se encarga de funciones automáticas como el equilibrio; y el sistema límbico, que procesa la información, se encarga de la motivación y se divide en cuatro sistemas más con sus propias funciones: la amígdala (vigila los estímulos externos para adaptar la energía que distribuye por el cuerpo), el hipocampo (guarda nueva información adquirida), el tálamo (analiza la información que recibe el organismo) y el hipotálamo (vigila el interior del cuerpo y, en muchos casos, regula las hormonas) (Stamm, 2018).

El desarrollo de este, como se ha podido observar, complejo organismo no comienza en el nacimiento, sino que halla sus orígenes pocos días después de la fecundación (Förster y López, 2022; Rosselli, 2002; Adam&Mila, s.f.) y sigue cuatro secuencias de desarrollo simultáneas que pueden ser de ayuda el conocerlas para adaptar las actividades realizadas con los niños: crece de atrás hacia delante, por lo que primero se

desarrolla la vista y luego la audición; de dentro hacia fuera, así se es capaz de regular las emociones antes que el almacenamiento de los conocimientos; de abajo hacia arriba, las funciones vitales básicas se desarrollan antes y luego le siguen habilidades que requieren de más precisión, como pueden ser las motoras; y de derecha a izquierda, por lo que el hemisferio derecho tiene una evolución más rápida que el izquierdo (Stamm, 2018). Durante el embarazo, se comienza a formar la estructura cerebral (Campos, 2010; Förster y López, 2022) y empiezan a sucederse una serie de procesos que ayudan en la formación del cerebro. El primero de ellos es conocido como proliferación neuronal y es el momento en el que empiezan a aparecer una gran cantidad de neuronas. Tras este suceso, se da otro llamado migración en el cual todas las neuronas se recolocan a lo largo de la corteza cerebral. Gracias a estos procesos, el cerebro gana peso (no todo el que llegará a conseguir) y se da paso a la sinapsis. La última fase, que empieza cerca del nacimiento y que continúa un tiempo tras este, es la mielinización, en la cual las neuronas empiezan a cubrirse de mielina para ayudar a mejorar las comunicaciones entre las neuronas (Medina et al., 2015). Tras el nacimiento, el cerebro es un 25% del tamaño que llegará a tener en el futuro y, la flexibilidad que tiene el cráneo al no estar sellado del todo permitirá que siga creciendo hasta que, a los tres años aproximadamente, llegará a alcanzar el 80% de su volumen final (Adam&Mila, s.f.; Campos, 2010; Rosselli, 2002).

Dentro de este desarrollo, hay un aspecto que destaca mucho sobre el cerebro y es que tiene la capacidad de modificarse según los estímulos que reciba del exterior, lo cual se ha denominado plasticidad cerebral (INIB, 2021). Esta aptitud propia del cerebro da la posibilidad de que el ser humano se adapte a los diferentes estímulos proporcionados por el entorno (Förster y López, 2022; Marcos, 2010). Desde el nacimiento hasta los seis años, aparecen una gran cantidad de sinapsis que se fortalecerán o debilitarán (Adam&Mila, s.f.; INIB, 2021) dependiendo de las experiencias que ofrezca el medio. Todas ellas harán que el cerebro, dependiendo tanto de estos aspectos externos como de los internos (Förster y López, 2022), se vaya modificando a lo largo del desarrollo del niño, lo cual permitirá que pueda adecuarse a su entorno más próximo, a los nuevos conocimientos... entre otras cosas (Förster y López, 2022; INIB, 2021). La plasticidad es una característica del cerebro que perdura toda la vida pero que tiene su momento álgido durante los tres primeros años de vida (INIB, 2021), lo que facilita el aprendizaje de los niños y sentar las bases para su

crecimiento (Adam&Mila, s.f.; Marcos, 2010). Cabe resaltar que, desde la infancia hasta la juventud, se da una fase de poda en los procesos que llevan a cabo las neuronas, lo que da lugar a cambios durante el crecimiento de los niños, los cuales pueden ser tanto sumativos como desadaptativos. No obstante, los primeros años de infancia en los que sucede este evento están gobernados por los procesos aditivos caracterizados por la construcción y el aprendizaje (Förster y López, 2022).

Por último, a raíz del desarrollo de las nuevas tecnologías, la implementación de estas en el sistema educativo y el gran uso que se hacen de las mismas a nivel global, ha surgido un tema un tanto controversial referido a si internet y los dispositivos tecnológicos afectan al desarrollo del cerebro. Por un lado, hay autores que señalan que, el estar tanto tiempo frente a las pantallas, puede provocar diferentes daños en el cerebro de las personas a diferentes niveles. Se ha propuesto que pueden modificar las neuronas, afectar a las habilidades sociales (Marcos, 2010), causar una aceleración del crecimiento cerebral en los bebés (Diógenes Atención Integral Terapéutica [DAIT], 2022), reducir la materia gris del cerebro, ocasionar problemas con la mielinización... y dos de las afecciones más destacadas: puede afectar a diferentes tipos de atención, lo cual conllevaría que esta dejara de ser sostenida, que empezara a ser cambiante, que la memorización se viera afectada (Mora, 2013) y que ya no se dedicara tanto tiempo al “pensamiento reposado, lento, profundo y verdaderamente creativo” (Mora, 2013, p. 153); y puede promover la aparición de otras afecciones como el Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH), problemas emocionales, de aprendizaje o sociales (DAIT, 2022; Mora, 2013). Por otra parte, otros autores proponen que es imposible que el ser humano no entre en contacto con las nuevas tecnologías en algún momento de su vida, que pueden ser un apoyo en el proceso de enseñanza y aprendizaje y que, la flexibilidad del cerebro permite que, con ayuda de internet, se adapte fácilmente a este cambio de paradigma. Asimismo, se ha llegado a defender que aquellas personas que no evolucionen con el mundo se quedarán atrás y, de este modo, se dará comienzo a nuevas patologías (Mora, 2013).

2.3. La neuroeducación.

Las personas, al nacer, son seres humanos inmaduros, muy dependientes del adulto y, contrario a parecer una desventaja, supone un beneficio para el cerebro (Förster y

López, 2022) el cual, a pesar de ser uno de los menos evolucionados en el nacimiento, cuenta con un gran desarrollo a lo largo de toda la vida. Este gran periodo de desarrollo hace que el episodio de mayor inmadurez del cerebro se convierta en la conocida etapa de la infancia, que se caracteriza por la neuroplasticidad, la alta disposición al aprendizaje (INIB, 2021) y la posibilidad de adaptarse al medio que le rodea (Förster y López, 2022). Estas particularidades, junto con el creciente interés de los profesores por mejorar su capacidad de enseñanza (Mora, 2013), el desarrollo de la neurociencia y la influencia Gerhard Preiss en 1988, que abogó por la adaptación de los procesos de enseñanza-aprendizaje al desarrollo cerebral de los niños (INIB, 2021) y la implantación de una asignatura que uniera los conceptos científicos relacionados con el cerebro y la educación (INIB, 2021; Paz et al., 2018), dieron lugar al concepto de neuroeducación que en un inicio se implantó en Estados Unidos hasta que poco a poco comenzó a llegar a Europa (INIB, 2021).

Teniendo presente toda esta información, la Neurodidáctica se podría definir como la ciencia que aplica a la educación toda aquella información sobre los procesos cerebrales obtenida en la neurociencia (Maureira, 2010; Paz et al., 2018). Por tanto, los objetivos principales de la neuroeducación serían conocer los procesos cerebrales (Paz et al., 2018) y todos aquellos aspectos que influyen (emociones, mala alimentación, estrés...) en el aprendizaje (Campos, 2010); averiguar cómo influyen diferentes tipos de educación en el cerebro para poder adaptar la enseñanza y favorecer el aprendizaje (Maureira, 2010); y crear unos procesos de enseñanza-aprendizaje que favorezcan el desarrollo del cerebro y el fortalecimiento y creación de las sinapsis neuronales (Paz et al., 2018). Al mismo tiempo, la neuroeducación cuenta con unos principios que también ayudan a comprender en qué consiste y de qué forma se relaciona con la educación:

1. “Aprender es divertido.
2. Con frecuencia el aprendizaje se realiza espontáneamente.
3. Los años previos a la pubertad son fases particularmente sensibles para el aprendizaje.
4. El aprendizaje es también un proceso emocional.

5. Un ambiente pobre en estímulos dificulta el aprendizaje” (Paz et al., 2018, p. 221).

Para poder cumplir todos estos principios y alcanzar los objetivos, la neuroeducación se sirve de conocimientos de las disciplinas de psicología, educación y neurociencia de forma simultánea (Campos, 2010; INIB, 2021; Paz et al., 2018): de la primera, toma información relacionada con las teorías de cognición y la conducta, de la segunda, acoge conocimientos sobre diferentes formas de enseñanza y aprendizaje, y de la última, todos aquellos contenidos sobre el funcionamiento del cerebro (INIB, 2021).

Los profesores, desde un inicio, mostraron un gran interés por mejorar sus prácticas docentes (Mora, 2013) y la neuroeducación es de gran ayuda porque permite acercar los conceptos neuropsicológicos a los docentes para que puedan comprender mejor cómo funcionan los procesos de enseñanza-aprendizaje (Paz et al., 2018). De igual forma, es importante que conozcan algunos aspectos relacionados con la neurociencia para que comprendan cómo funciona el cerebro, lo cual puede ser de gran utilidad para que puedan sacar conclusiones acerca de cómo su forma de impartir las clases y conocimientos afecta, de forma mucho más profunda, a los procesos cerebrales (atención, sinapsis, memoria...) (Mora, 2013). Sin embargo, en ocasiones resulta difícil incluir ciertos aspectos sobre neuroeducación en la formación del profesorado porque resulta compleja la comprensión de los conceptos más técnicos. Por esta razón, se ha llegado a proponer que, al mismo tiempo que los profesores adquieren conocimientos sobre neurociencia, los científicos deberían aprender más sobre los procesos de enseñanza (INIB, 2021).

El lenguaje complejo que utilizan los neurocientíficos para transmitir conocimientos, las ganas de mejorar de los profesores y la dificultad para comprender claramente los conceptos sobre neurociencia, da lugar a que los docentes no sepan discernir la información de calidad o que se creen confusiones acerca del funcionamiento del cerebro. A estos errores de interpretación se les ha denominado neuromitos (Mora, 2013), los cuales definió la OCDE (2002) como “una concepción errónea generada por un malentendido, una mala interpretación o una cita equivocada de datos científicamente establecidos para justificar el uso de la investigación cerebral en la educación y otros contextos.” (como se citó en INIB, 2021). Algunos de los neuromitos más conocidos, son los que se presentan a continuación:

1. El tamaño es importante: es un mito que predica que el tamaño cerebral es equivalente a la inteligencia que tienen las personas (ante mayor tamaño del cerebro, más inteligencia). Sin embargo, la investigación del cerebro de Einstein permitió conocer que la inteligencia no dependía del tamaño del cerebro, sino que estaba en relación con la complejidad de las conexiones neuronales que promovían una mejor conexión entre estas (INIB, 2021).
2. Hemisferio derecho vs hemisferio izquierdo: existe una corriente llamada hemisferología (INIB, 2021) la cual, partiendo de la premisa en la que el cerebro se divide en dos hemisferios que concentran diversas habilidades (el izquierdo está más centrado en habilidades lógicas y el derecho en aspectos más creativos) (INIB, 2021; Mora, 2013), manifiesta que los cerebros trabajan de forma independiente (Mora, 2013) y que se hace necesario dividir a los niños en la educación, según la predominancia de un hemisferio, para ofrecerles una enseñanza enfocada en dicho hemisferio y que de esta forma no se perjudique el aprendizaje del niño. La realidad es que no existe una separación entre los hemisferios, sino que el cerebro trabaja en conjunto y, tanto el derecho como el izquierdo, se comunican e intercambian información a través del cuerpo calloso constantemente, por lo que no hay razón para catalogar a los estudiantes (Guillén, 2013a; INIB, 2021; Mora, 2013).
3. Sólo se usa el 10% del cerebro: el cerebro, independientemente del poco espacio que ocupa en el cuerpo humano, utiliza una gran cantidad de energía a lo largo del día, lo cual hace que se vea raro que este sólo llegue a usar un diez por ciento de su potencial (Guillén, 2013a). Además, si sólo pudiera utilizarse este porcentaje del cerebro, la capacidad de mejora de la inteligencia entonces es muy grande (Mora, 2013). Estas hipótesis y el desarrollo de la tecnología, ha permitido que los científicos se den cuenta de que el cerebro usa todas sus capacidades, aunque de forma desigual: las regiones que se activan dependen de las habilidades que se requieren en cada momento (Guillén, 2013a; Mora, 2013).
4. El cerebro no se modifica: antes se pensaba que las neuronas no se podían regenerar y, aunque una gran parte de estas se crean antes de nacer y su pico se encuentra en la primera infancia, las investigaciones han demostrado que durante el resto de la vida hay regiones del cerebro que originan nuevas

neuronas; de esta forma se van compensando las neuronas que mueren con las que se generan hasta la vejez, etapa de la vida en la que, debido a la alta mortalidad de las neuronas, se rompe dicha compensación. Gracias a esta información, queda demostrado que el cerebro sí que sufre cambios a lo largo de toda la vida (INIB, 2021).

A pesar de estos neuromitos, la disciplina neuroeducativa plantea una serie de conceptos clave muy útiles de conocer, que pueden ser trabajados e implicados en el aula y en los cuales se irá profundizando a lo largo de este trabajo: la plasticidad cerebral (que ya se ha explicado con anterioridad), la atención, la memoria, las emociones, el ejercicio físico, el juego, la creatividad, el aprendizaje cooperativo (Guillén, s.f.) y las funciones ejecutivas (Ibáñez, 2022).

3. LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DESDE LA NEUROEDUCACIÓN.

El proceso de enseñanza-aprendizaje se crea a partir de la suma entre la enseñanza, cuya labor es la de fomentar que los estudiantes sean capaces de procesar la información para que puedan solucionar problemas de la vida diaria, y el aprendizaje, que es un proceso en el cual el estudiante trata activamente con la información almacenándola y procesándola. El cerebro del ser humano está destinado a aprender y el aprendizaje se da cuando, a partir de la recopilación de nuevos conocimientos, experiencias e información, este se modifica y reconstruye. Los docentes deben comprender que cuanto más se trabaje el aprendizaje de ciertos aspectos, más se fortalecerán las conexiones neuronales (Paz et al., 2018) y, al mismo tiempo, deben buscar la extracción del máximo potencial del cerebro (Figueroa, 2019). Para ello, la neuroeducación, como se ha visto antes, propone un conjunto de aspectos clave relacionados entre sí que sería positivo incluir en la educación y que se van a explicar a continuación.

3.1. Atención y memoria.

La atención y la memoria son dos acciones que realiza el ser humano que están altamente relacionadas entre sí. La atención es un recurso que posee el cerebro que permite al ser humano enfocarse en estímulos determinados (Béjar, 2014; Mora, 2013) y aprender información que otorga el entorno que les rodea. Esta se activa a partir de la curiosidad y la motivación, lo cual da lugar al aprendizaje y la memorización. Si no hay un elemento que resulte interesante, no se activará la atención (Mora, 2013) y sin esta,

no se puede dar el aprendizaje (Béjar, 2014; INIB, 2021; Mora, 2013). A continuación, se van a analizar estos dos procesos por separado teniendo en cuenta las consideraciones propias de cada uno de ellos.

3.1.1. Atención.

La atención es una habilidad cerebral con la cual el sujeto orienta su conciencia hacia unos aspectos determinados (INIB, 2021; Mora, 2013) y puede ser tanto voluntaria como involuntaria. En la atención se hallan implicadas varias regiones del cerebro (INIB, 2021) y permite que las neuronas de la corteza cerebral y del tálamo se unan entre sí (Mora, 2013). Cabe señalar que la atención es un proceso que requiere de un esfuerzo mental que antecede a la percepción, a la intención y a la acción (Domínguez, 2019; INIB, 2021). Gracias a la neurociencia se sabe que no existe un único tipo de atención, sino que por el contrario hay variantes que activan diferentes zonas cerebrales y que tienen diferentes fines (Béjar, 2014). La atención puede dividirse en diferentes tipos dependiendo del modelo que se tenga en cuenta. Según la corriente de la psicología cognitiva, los tipos de atención son los siguientes:

1. Atención sostenida: es aquella que permite concentrarse en un elemento o actividad durante un tiempo continuado (Del Barrio, 2019; Mentes Abiertas Psicología, s.f.a).
2. Atención selectiva: posibilita que la persona se concentre en unos aspectos concretos sin tener en cuenta otros elementos que pueden causar distracciones (Del Barrio, 2019; Mentes Abiertas Psicología, s.f.a).
3. Atención dividida: consiste en encargarse de varias tareas a la vez (Del Barrio, 2019; Mentes Abiertas Psicología, s.f.a). Ciertos estudios proponen que esta es muy limitada y que perjudica la memorización (Mentes Abiertas Psicología, s.f.a).
4. Atención alternante: es la capacidad de intercalar la atención entre varios estímulos que se presentan al mismo tiempo (Mentes Abiertas Psicología, s.f.a).

Siguiendo con los diferentes tipos de atención, el modelo neurocognitivo de Posner propone la siguiente clasificación: la atención de alerta, que se activa ante situaciones amenazantes que originan miedo o tensión en la persona la red atencional orientativa,

que implica la capacidad de orientar la atención hacia un elemento preseleccionado y la de cambiar el foco atencional con velocidad para localizar el estímulo buscado (Del Barrio, 2019; Mora, 2013); y la atención ejecutiva, que se caracteriza por ser una atención sostenida que puede fragmentarse en diferentes tiempos sin que se pierda completamente el foco sobre el estímulo de interés (Mora, 2013). Este último tipo de atención es el que se relaciona directamente con la educación ya que, a partir de esta, el alumnado puede orientar la atención en diferentes propósitos voluntariamente (Béjar, 2014; Del Barrio, 2019).

La pregunta que surge a partir de aquí es si existe alguna forma que ayude a captar la atención de las personas y, más concretamente, de los educandos. No se puede obligar a una persona a prestar atención a algo, pero existen ciertas estrategias que pueden servir para despertar este proceso cognitivo: la curiosidad (Mora, 2013) y la motivación (INIB, 2021).

La curiosidad, que es un recurso cerebral que permite que la persona se centre en un estímulo que le resulte interesante o nuevo en el entorno, es algo propio del ser humano. A partir de la curiosidad que puede suscitar un cierto elemento se activa la emoción, que está relacionada con las neuronas referidas al placer y el dolor, y esto favorece la atención. Actualmente se ha propuesto la existencia de dos tipos de curiosidad: la perceptual diversificada, que se activa en situaciones de aburrimiento y busca cualquier tipo de estímulo interesante del entorno; y la epistémico-específica, que hace referencia a aquella curiosidad que surge cuando hay ciertos conocimientos que no se tienen adquiridos y que se suaviza cuando se alcanzan. Este último tipo de curiosidad está bastante relacionada con la educación y, la búsqueda de los conocimientos necesarios para satisfacerla, está ligada a las neuronas que otorgan placer. A pesar de que la curiosidad se puede provocar, hay veces que es un rasgo propio de la personalidad de las personas, por lo que hay gente que tiende a ser más curiosa que otra. En el aula, los niños curiosos se identifican por su interés por descubrir cosas nuevas, explorar por su cuenta el entorno, reaccionar positivamente ante cambios en el aula... y, para aquellos que no suelen mostrar tanta curiosidad, existen diversas estrategias que la pueden motivar (incluir algún reto, iniciar con elementos provocadores, facilitar el diálogo entre los niños...). Actualmente se conoce que los alumnos aprenderán mejor aquellos

conocimientos que potencien su curiosidad y sean significativos para ellos (Mora, 2013).

Por su parte, la motivación, al igual que la curiosidad, es otro factor que favorece la atención, la memoria y ayuda a que el aprendizaje sea mucho más profundo en los niños. Pero... ¿cómo influye realmente la motivación en los procesos atencionales? A lo largo del día, el cerebro recibe una gran cantidad de estímulos entre los que realiza una criba eliminando alrededor del 95% de ellos. Cuándo el cerebro identifica un estímulo que le llama la atención, este pasa por unas neuronas que segregan dopamina y es analizado para comprobar si es un peligro, lo que haría que fuese rechazado, o si proporcionará placer al organismo, lo que haría que creciera la motivación por conseguir esa satisfacción; es decir, la dopamina ayuda a incrementar la capacidad de atención de las personas para poder alcanzar aquel elemento que incrementa los niveles dopaminérgicos, la memoria y, por tanto, el aprendizaje. La liberación de dopamina da lugar a otros neurotransmisores, como la noradrenalina y la adrenalina, que enfocan la acción del ser humano en la consecución del elemento que causa placer. Sin embargo, estos dos neurotransmisores están asociados con el estrés, así que se hace importante tener un control sobre estos para proporcionar una educación saludable a los niños (INIB, 2021).

Por otro lado, parte de conocer la importancia de la atención en el aprendizaje es también saber que no es fácil mantenerla continuamente. La atención es limitada y es difícil que un niño se mantenga atento durante mucho tiempo seguido. Hay autores que proponen que pueden tener una adecuada atención durante unos diez o quince minutos (Guillén, s.f.) mientras que otros proponen que para saber los límites de la atención dependiendo del niño, hay que tener en cuenta la edad del mismo y sumarle dos, lo cual dará como resultado los minutos que el estudiante puede mantener la atención de forma continuada (si a la edad de un niño de siete años le sumas dos, se sabrá que este, como mucho, podría mantener la atención durante nueve minutos aproximadamente) (Domínguez, 2019). Por su parte, Béjar (2014) va más allá proponiendo un esquema del funcionamiento real de la atención en una persona. En este se explica que el cerebro suele tener momentos de atención inconsciente en los que la persona está despiñada por lo que, en esta etapa, no se da un correcto aprendizaje. Tras estos y dependiendo del día, de la edad y de las temperaturas entre otras cosas, se da un tiempo personal de

preparación para que la persona pueda atender. A este le siguen los tiempos atencionales, momentos más propicios para establecer los procesos de enseñanza-aprendizaje. Estos tiempos son limitados y, dentro de ellos, existen unos momentos que son más efectivos para el aprendizaje llamados tiempos de atención eficientes.

En definitiva, el docente debe ser consciente de que la atención fluctúa durante el día y que no es igual en todos los alumnos, por lo que debe hacer uso de diferentes estrategias que enciendan la curiosidad y capten la atención de estos (Béjar, 2014).

3.1.2. Memoria.

La memoria es un proceso cerebral que permite almacenar la información (INIB, 2021; Mora, 2013) y recuperarla en aquellos momentos en los que es usada (Mora, 2013). Este evento da lugar al aprendizaje, medio por el cual las conexiones neuronales cambian y se adaptan a la información sobre la que se trabaja (INIB, 2021; Mora, 2013). Conforme se refuerza el uso de ciertas sinapsis, se requerirá de una menor estimulación de estas para poder obtener las respuestas esperadas. La memoria, al igual que la atención, no es única y tiene diversas variantes que se activan dependiendo de la actividad a la que se tengan que enfrentar (Mora, 2013):

1. Memoria sensorial: es la memoria que se centra en las sensaciones que se perciben a través de los sentidos. A lo largo del día, presta atención a una gran cantidad de estímulos que se conservan brevemente en la memoria. Sólo aquellos estímulos a los que se preste una atención real serán los que se procesen posteriormente en la memoria de trabajo (INIB, 2021).
2. Memoria a corto plazo: esta memoria presta atención a elementos que se pueden encontrar en el ambiente (INIB, 2021) y está muy relacionada con la memoria operativa (NeuronUP, 2022). La capacidad de retención es leve pero mucho mayor que la anterior (INIB, 2021; NeuronUP, 2022); de hecho, ciertos estudios afirman que con esta memoria se pueden retener entre dos y siete elementos aproximadamente durante unos diez segundos (INIB, 2021).
3. Memoria a largo plazo: entre todas las memorias, esta es la que tiene más durabilidad para conservar información (NeuronUP, 2022) y, a veces, se puede retener a lo largo de toda la vida (Mora, 2013). Esta memoria tiene una

capacidad indefinida, puede conservar datos de diversa índole (INIB, 2021) y dentro de ella hay varios tipos (NeuronUP, 2022):

- a) Explícita: esta hace alusión a la recopilación de sucesos que, tiempo más adelante, se pueden definir (hechos históricos, lugares...). Además, es el tipo de memoria al que se suele hacer alusión cuando se habla del concepto de memoria (Guillén, 2012; Mora, 2013).
- b) Implícita: almacena conocimientos, normalmente relacionados con habilidades, de forma inconsciente (Guillén, 2012; NeuronUP, 2022) que posteriormente no se evocan de forma oral, sino que se usan en los momentos en los que son requeridos; es decir, el conocimiento de estas habilidades sólo se puede demostrar a partir de las ejecuciones que realizan las personas (Mora, 2013).
- c) Semántica: incluye datos que se han ido adquiriendo durante toda la vida (NeuronUP, 2022), relaciona todos ellos según el significado que tiene cada uno y, a partir de esto, las personas pueden sacar nuevas conclusiones (INIB, 2021).
- d) Episódica: se enfoca en momentos particulares personales (Guillén, 2012; NeuronUP, 2022) que se conservan en la memoria de forma explícita (INIB, 2021).

Además de estos tipos, existen otros como la memoria icónica, emocional... (Mora, 2013) aunque la que es de mayor interés educativo es la conocida como memoria de trabajo. Esta es un símil de la memoria a corto plazo con la que las personas pueden memorizar muchos datos durante muy poco tiempo. Esta capacidad de memorización y de tener en cuenta al mismo tiempo mucha información, permite que se den procesos como la resolución de problemas, las conversaciones, la lectura, la escritura... (Guillén, 2012). Sin embargo, hay que resaltar que existe un factor que diferencia la memoria de trabajo de la de corto plazo: a pesar de la gran similitud que tienen, a la primera se suma un componente relacionado con la manipulación de los conocimientos que almacena (García, 2022).

Asimismo, Guillén (2012) señala que el investigador Schacter identificó una serie de problemas que pueden afectar a la capacidad de memorización de las personas. Entre ellos se encuentra la transitoriedad, que es el olvido que se causa por el paso del tiempo; la distractibilidad, que es el olvido causado por distracciones que hacen que se pierda la concentración; el bloqueo, es decir, la imposibilidad de evocar conocimientos que se requieren en un momento determinado; la atribución errónea, que consiste en poder despertar ciertos recuerdos, pero sin poder reconocer la fuente; la sugestibilidad, que es cuando una fuente externa (otra persona, un profesor...) da información que modifica nuestros recuerdos; la propensión, consistente en la modificación de los recuerdos en los momentos de comunicarlos; y la persistencia o la incapacidad de olvidar ciertos acontecimientos por la carga emocional que tienen.

No obstante, es importante saber que hay recursos y métodos que pueden favorecer la capacidad de memorización de los estudiantes: conocer lugares nuevos que alienten la curiosidad y, por tanto, la memoria; realizar deporte para que se ayude a la creación de nuevas neuronas y a la concentración; leer para mejorar la imaginación, la atención, la memoria y la capacidad de procesar información; dormir las horas necesarias para poder afianzar los aprendizajes realizados a lo largo del día; hacer actividades que supongan un reto que permitan seguir trabajando la cognición; hacer meditación para trabajar aspectos como la atención, la capacidad de procesar y la memoria; y seguir una buena alimentación para mantener un cerebro sano, lo cual repercute positivamente en todos los procesos que realiza este (Pérez, 2017).

3.2. Funciones Ejecutivas.

En diferentes áreas del cerebro, concretamente en la corteza prefrontal, parietal, cingulada anterior y el hipocampo, se dan unos procesos conocidos como funciones ejecutivas (Domínguez, 2019). El primer precursor de este concepto fue Luria quien, sin ponerle nombre, presentó tres bloques que reunían las funciones cerebrales: el primero relacionado con la alerta y la motivación, el segundo encargado de recoger información y el tercero orientado al control y la ejecución de acciones (Ardila y Ostrosky, 2008). Un tiempo más tarde, este último bloque recibió nombre por parte del investigador Lezak, que lo bautizó como funciones ejecutivas, las definió como “aquellas capacidades para formular metas, planificar procesos y estrategias, ejecutar planes y

aptitud para llevarlas de manera eficaz” (Echavarría, 2017, p. 238) y las diferencias de las funciones conceptuales, que estaban más enfocadas en tratar diversa información simultáneamente y enfocar la conducta de las personas (Rebollo y Montiel, 2006).

Asimismo, la corteza cerebral frontal fue dividida y jerarquizada teniendo presentes las diferentes funciones que tenían lugar en esta. En esta división, la cima es ocupada por las funciones relacionadas con la conciencia personal y el análisis propio, las cuales se ocupan de hacer frente a las situaciones de la vida diaria a partir de las vivencias y conocimientos adquiridos. En segundo lugar, se encuentran las ejecutivas que, igualmente jerarquizadas, ayudan a la organización del resto de funciones (Tirapu y Luna, 2008). Las primeras funciones de la pirámide serían todas las que mantuvieran una conexión con el inicio de tareas, el análisis de información y la proposición de planes, como pueden ser la anticipación o la verificación. A medida que se van subiendo niveles, se pueden encontrar funciones que tienen una unión con la creatividad y con la conciencia sobre uno mismo, lo cual implica la toma de decisiones y la planificación entre otras (Rebollo y Montiel, 2006). Siguiendo con la gradación de las funciones del lóbulo frontal, en el nivel más bajo se encuentran la función de impulso, que incita el comienzo de las tareas y facilita que se mantenga el ejercicio mental, y la de organización temporal, que ayuda a ser consciente de la temporalidad de los eventos (Tirapu y Luna, 2008).

Volviendo al tema central de este apartado, las funciones ejecutivas son un concepto ligeramente reciente y, aunque se hayan realizado varios estudios, todavía no existe unanimidad a nivel mundial acerca de qué procesos pueden ser considerados bajo este término (Ardila y Ostrosky, 2008; Bausela, 2014) y qué factores deberían tenerse en cuenta en la clasificación: hay debate entre si se deberían valorar las regiones cerebrales en las que tienen lugar o el tipo de función que realizan (Rebollo y Montiel, 2006). La falta de consenso ha hecho que, a partir de los diferentes estudios realizados a lo largo del tiempo, surgieran una gran cantidad de teorías acerca de las funciones ejecutivas. Una de las más famosas es la de Miyake et al., que propusieron la existencia de tres funciones ejecutivas llamadas flexibilidad cognitiva, inhibición y memoria de trabajo (Bausela, 2014; Tirapu y Luna, 2008) que, a pesar de estar diferenciadas, seguían manteniendo una unión entre sí (Ardila y Ostrosky, 2008; Tirapu y Luna, 2008). La teoría propuesta por Anderson también tiene una gran relevancia en cuanto a modelos

propuestos sobre funciones ejecutivas. Ellos sostuvieron que las funciones ejecutivas no están aisladas, sino que dependen de las básicas y de las más complejas y, en lugar de nombrar unas funciones específicas, crearon cuatro bloques en los que englobaron todas las que consideraron. A raíz de esto, surgió el bloque de control atencional, de flexibilidad cognitiva, de procesamiento de la información y del establecimiento de objetivos (Bausela, 2014). Otras teorías que merecen una mención son, por ejemplo, la de Boone et al., que identificaron la velocidad de procesamiento, la flexibilidad cognitiva y la memoria a corto plazo como funciones ejecutivas; la de Busch et al., que defendieron que las funciones ejecutivas estaban formadas por funciones de alto nivel como la flexibilidad cognitiva y la conducta generada, por la memoria de trabajo y por la inhibición; y la de Ríos et al., que nombraron como funciones ejecutivas a la velocidad en el procesamiento, a la flexibilidad cognitiva, a la memoria de trabajo y a la inhibición (Echavarría, 2017).

A pesar de todas estas teorías y la ausencia de un modelo universal, hay ciertas funciones ejecutivas que tienen más peso en la literatura y es sobre las que se va a trabajar. En cuanto a su aparición en el desarrollo de la persona, las funciones ejecutivas han sido consideradas como aquellas que tardan más en evolucionar y, de hecho, no se cuenta con ellas nada más nacer. Durante el primer año de vida, el bebé sólo responde a los estímulos más próximos a él (Rosselli et al., 2008) pero, a partir de este momento, comienza el crecimiento de las funciones ejecutivas, las cuales encontrarán su pico más alto durante la adolescencia (Flores et al., 2014) y permitirán que el niño pueda realizar procesos más complejos como recordar momentos pasados, intentar resolver problemas... (Rosselli et al., 2008). A continuación, se presenta una tabla con las funciones ejecutivas más destacadas, las características propias de cada una y cómo se desarrollan cada una de ellas:

Tabla 1. Funciones ejecutivas y su desarrollo.

	Definición	Desarrollo
Flexibilidad cognitiva	Capacidad de cambiar la respuesta según el estímulo que se le ofrece a la persona (Domínguez, 2019; Rosselli et al., 2008).	Está capacidad aparece durante la primera infancia, sobre los tres y cinco años, y es observable porque el infante es capaz de cambiar sus respuestas dependiendo de las reglas/estímulos.

		Ciertos autores piensan que el desarrollo de esta habilidad va de la mano de la capacidad de cambio que tiene el niño y que, a mayor edad, menos errores en el cambio se cometerán. En definitiva, se ha considerado que el nivel adulto de esta habilidad se alcanzaría aproximadamente a los diez años (Rosselli et al., 2008).
Inhibición	Capacidad para controlar las respuestas automáticas ante una situación pudiendo analizar y realizar las acciones más aptas (Flores et al., 2014).	Las respuestas impulsivas y automáticas comienzan a apreciarse desde los cuatro años y entre los nueve y diez, la inhibición llega al máximo desarrollo (Flores et al., 2014).
Planificación	Capacidad de tener en cuenta los diferentes factores que influyen en una situación (Domínguez, 2019) y organizar las acciones para alcanzar unos objetivos (Domínguez, 2019; Rosselli et al., 2008).	A los tres años, un niño ya es capaz de planear aspectos relacionados con su familia y pensar cómo evitar ciertos problemas sencillos. Entre los cinco y los ocho años, esta capacidad mejora y, entre los siete y los once, ya son capaces de utilizar esta función ejecutiva en situaciones más complejas. Desde estas edades y la adolescencia, hay una mejora muy notable que se va suavizando durante la adolescencia hasta que, entre los veinte y treinta años, se consigue el máximo nivel de desarrollo (Rosselli et al., 2008).
Memoria de trabajo	Capacidad de retener una gran cantidad de información y manipularla al mismo tiempo (Stelzer et al., 2010).	La capacidad de retener información se desarrolla antes que la posibilidad de manipulación (Stelzer et al., 2010); alcanza su máximo desarrollo en torno a los nueve años. Por otro lado, a

		los doce años termina el desarrollo de la memoria de trabajo espacial secuencial, pero no será hasta que la persona pueda memorizar información en un orden inverso al que se le ha ofrecido que se considerará que la memoria de trabajo se ha desarrollado completamente (Flores et al., 2014).
Toma de decisiones	Capacidad para, entre varias opciones, elegir la mejor según la situación en la que se encuentre la persona (Domínguez, 2019), teniendo en cuenta las recompensas y el castigo (Stelzer et al., 2010).	Entre los seis y doce años, los niños ya tienen adquirida esta habilidad, pero, en comparación con los adultos, toman decisiones menos beneficiosas que los adultos. A medida que van creciendo, mejoran esta función ejecutiva hasta que a la edad de dieciocho y veintidós años consiguen el nivel más alto (Stelzer et al., 2010).
Resolución de problemas	Capacidad de análisis de una situación y de planteamiento de acciones para su resolución (Domínguez, 2019).	En torno a los tres años, los niños comienzan a ser capaces de hacer frente a la resolución de problemas sencillos y esta habilidad sigue evolucionando hasta los catorce años. Finalmente, se puede decir que su consolidación llega en la etapa comprendida desde los quince hasta los diecinueve años (Moreno, 2016).

3.3. La influencia de las emociones y la importancia del vínculo en el aula.

Las emociones y su influencia educativa también son unos factores considerados clave en la neuroeducación (Guillén, s.f.). Las emociones son respuestas del organismo ante ciertos estímulos que son muy útiles para adaptarse al entorno que le rodean (INIB, 2021; Parra, 2019); pueden ser primarias (reconocibles por todos en cualquier parte del mundo) o secundarias (que son derivadas de las emociones básicas) y ambas están

formadas por componentes fisiológicos, como cambios en la respiración y en el ritmo cardíaco, componentes conductuales, como diferencias en el cambio de voz o en el lenguaje corporal, y componentes psicológicos, que hace referencia sobre los pensamientos que tiene una persona sobre sus propias emociones y las situaciones que las provocan (Parra, 2019).

La neurociencia ha permitido crear cierta relevancia sobre el papel que juegan las emociones en el proceso de enseñanza y aprendizaje (Parra, 2019) y ha descubierto que, al memorizar algo en lo que la persona se ha implicado emocionalmente, es mucho más sencillo rememorar recuerdos o conocimientos (Mora, 2013). Por su parte, el desarrollo de las tecnologías en este campo ha dado la posibilidad de observar cómo se activan diversas zonas en el cerebro dependiendo del entorno y de la emoción que este suscite: si son emociones negativas, se accionará la amígdala, y si son positivas, se encenderá el hipocampo, regiones de la memoria y aprendizaje (Guillén, s.f.). Si el cerebro se motiva a partir de la emoción, se favorecerá la conexión entre las neuronas y, por tanto, el aprendizaje y la memoria; esto se debe a que el concepto de aprendizaje y las emociones son dos conceptos profundamente ligados: el primero provoca unas emociones y estas potenciarán el aprendizaje (Parra, 2019). De hecho, Béjar (2014) y Mora (2013) proponen que la emoción motiva la curiosidad, la atención y, por ende, el conocimiento profundo sobre lo que se aprende. Las emociones actúan como un filtro que analiza la información y, dependiendo de cómo sean estas, se aceptará o rechazará la adquisición de esos nuevos conocimientos (INIB, 2021).

Como se ha podido ver en esta introducción, la influencia de las emociones sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje hace que se piense que es importante para los niños estar en un ambiente que produzca emociones positivas, donde se acepten los fallos como algo natural (Guillén, s.f.) y donde se escuche a los estudiantes para encontrar aquello que pueda motivarlos y emocionarlos (Parra, 2019). La motivación y emociones positivas hacen que se genere la curiosidad y capte la atención del sistema de recompensa, el cual conecta el sistema emocional con la corteza prefrontal donde están localizadas generalmente las funciones ejecutivas, que ayudan a afrontar las diversas situaciones de la vida cotidiana (Guillén, s.f.).

Ahora que se conoce cómo afectan las emociones, principalmente las positivas, en el aprendizaje, se va a analizar de qué forma afectan las consideradas negativas. Ante

situaciones que las evocan, los niños tienden a disminuir y empeorar su rendimiento porque están más concentrados en superar estas circunstancias, lo que hace que el cerebro lleve a cabo menos procesos cerebrales (Béjar, 2014). Las emociones negativas suelen dar lugar a ambientes estresantes, lo cual lleva a que el organismo del ser humano libere una serie de hormonas (Béjar, 2014; INIB, 2021) que, prolongadas en el tiempo, pueden producir la muerte de células cerebrales (INIB, 2021) y, finalmente, el detrimento de la capacidad de memorización y aprendizaje (Béjar, 2014; INIB, 2021). Mora (2013) lleva esta explicación mucho más allá y propone que la disminución de la motivación y el aprendizaje produce un “apagón emocional” en el niño, producto de los entornos negativos: estos generan un malestar en los niños que, mantenidos durante un largo periodo de tiempo, afectan a ciertas partes del cerebro, al aprendizaje, a la curiosidad y a la emoción.

Es visible lo valioso que es cuidar las emociones que suscita un determinado ambiente pero, además de esto, también hay que velar por el cuidado del vínculo que se crea entre el profesor y el alumno. Esta importancia surge porque el docente, junto a las familias, juega un rol de referencia que ayuda al niño en el entorno educativo, en la adaptación al contexto social y en la mejora del rendimiento académico. No obstante, los niños tienen otras muchas necesidades que, en ocasiones, se sobreponen a las nombradas, por lo que crear un lugar seguro y cómodo es fundamental para favorecer su completo desarrollo. Para potenciar estos aspectos, es necesario fortalecer el vínculo alumno-profesor, lo cual dependerá de ambas partes: por un lado, influyen los valores, las metodologías y el trato del docente; por otro lado, será relevante el tipo de apego que el infante ha desarrollado con su figura de apego principal (los niños seguros tienden a encontrar en el profesor una persona de referencia, buscan en ellos comodidad, se muestran abiertos y siguen sus instrucciones; los niños con apego evitativo suelen mostrarse más ajenos y no suelen buscar captar la atención del docente; aquellos que han desarrollado un apego inseguro en ocasiones se mostrarán aturdidos y con una necesidad constante de aprobación; y los que tienen un apego negligente tendrán ante el profesor una conducta más tendente al desorden y a la agresividad). Por lo tanto, conocer de qué forma influyen estos vínculos en el proceso de enseñanza-aprendizaje y en el desarrollo de los niños puede ser de utilidad para que el profesorado lleve a cabo acciones correctas (Gordillo et al., 2016). Para mejorar el bienestar emocional en el aula, existen varias propuestas que pueden ser de gran utilidad:

1. Reducir el nivel de estrés que pueda existir en el aula (INIB, 2021): para ello se pueden modificar los espacios y hacerlos más sencillos para que transmitan comodidad o incluir rutinas que ofrezcan seguridad a los niños (Gordillo et al., 2016).
2. Modificar aspectos relacionados con la metodología del profesor: ser optimista-realista con el alumnado para que este sea más feliz y mejore su capacidad de toma de decisiones (Béjar, 2014), mostrarse relajado en la clase para transmitir confianza, ser paciente con los diversos ritmos de aprendizaje de cada niño o dedicar tiempo a conocer los gustos y preferencias de cada uno (Ortega, 2014) son algunos ejemplos.
3. Practicar ejercicio físico: reduce las respuestas ante situaciones estresantes (Mora, 2013), mantiene a las personas activas y energéticas, regula sus emociones y mejora la capacidad de aprendizaje y memorización (Berlitz, 2022). Clínic Barcelona (2022) expone que una explicación válida para que esto suceda puede ser que al hacer ejercicio físico se aumenta la circulación sanguínea y, en el cerebro, esto se traduce en un incremento en la producción de oxígeno que ayuda a rebajar la tensión muscular y a mejorar la memoria y la atención; también explican que durante la actividad física se liberan más químicos en el organismo entre los que destaca la serotonina, fuertemente relacionada con la regulación emocional.

3.4. Aprendizaje basado en el juego y gamificación.

El juego es una acción completamente natural en el ser humano (Guillén, s.f.) y común en todas partes del mundo (Domínguez, 2019) que sirve para incrementar la curiosidad y, en consecuencia, el aprendizaje (Guillén, 2015a; Mora, 2013) de habilidades y conocimientos que serán de utilidad durante toda la vida (Guillén, 2015a). Los humanos juegan siempre, independientemente de la edad, ya que en ello encuentran placer (Domínguez, 2019), emociones positivas, un lugar en el que mostrar su personalidad...; esto, en un ambiente educativo, da lugar a un aprendizaje mucho más profundo (Rhenals, 2022).

Durante el juego, el factor que más destaca no es la recompensa final, sino la antelación del premio. La anticipación y la superación de la idea prevista, hace que se segreguen más neurotransmisores dopaminérgicos que incrementan el nivel de motivación ante el juego en el que está involucrado la persona, y la novedad y la necesidad de pronosticar que ofrece el juego, hace que se aumente la curiosidad y la atención. Además, con el juego se construye un lugar seguro en el que niño puede arriesgarse en las respuestas sin miedo al fracaso, se proporciona placer, se incrementa la creatividad, se mejoran las relaciones sociales, la confianza sobre uno mismo, la incorporación de las normas y se favorece la evolución en diversas áreas del desarrollo (Guillén, 2015a).

En primer lugar, una de dichas áreas es la referida al lenguaje, aspecto visible en el balbuceo empleado por los niños desde los primeros meses de vida. Esta forma de comunicación comienza siendo como un juego para el bebé, pero, a medida que observan las respuestas del adulto, se va amoldando hasta crear las protoconversaciones. Cuando son muy pequeños, los juegos que ayudan a mejorar en esta área son los de rimas y movimientos y, a medida que van creciendo, el juego simbólico va ganando un gran peso en la infancia siendo capaz de mejorar el lenguaje (Valiente, 2015). De igual manera, el juego influye en la mejora de las vías sensoriales que recogen la información necesaria para que se dé una comunicación óptima, en la adquisición de normas, en la socialización y en el aprendizaje de vocabulario. Todo esto sucede porque el juego crea un ambiente seguro en el que el niño se comunica sin tener miedo, utilizando todo su lenguaje y habilidades comunicativas (Rhenals, 2022).

Varios experimentos han permitido observar que el juego permite mejorar el pensamiento lógico-matemático. Ciertos estudios han mostrado que los niños tienen interiorizados varios conceptos matemáticos que les permite discernir varias cantidades, formas e incluso ciertos números. Durante el juego libre, los niños pueden mejorarlo y tienden a incluir otros procedimientos como la comparación, las relaciones lógicas, la repetición de hechos para comprobar hipótesis, la búsqueda de soluciones a problemas... (Valiente, 2015).

En tercer lugar, la motricidad del niño también experimenta mejoras gracias al juego: pueden conocerse más a sí mismos, las sensaciones que produce el organismo ante determinadas situaciones y cómo debe comportarse según el entorno. Para desarrollar

este ambiente, son muy útiles los juegos motores que permiten que los niños se sitúen en el espacio, actúen respecto a este y mejoren la motricidad (Rhenals, 2022).

La creatividad es un factor intrínseco en el juego que se incrementa con su uso. El ocio libre, no predecible y flexible fomenta que se trabaje junto a la imaginación, la creatividad de acción, de resolución de conflictos... (Valiente, 2015).

Por último, el juego tiene gran influencia en el espectro socioemocional ya que ayuda a regular las emociones del niño, a mejorar la autoconfianza, a crear emociones positivas, a mejorar el trabajo en equipo, a facilitar la socialización y a reafirmar la personalidad de cada uno (Rhenals, 2022).

Al ver la gran influencia del juego sobre el completo desarrollo del niño, el aprendizaje y la memorización, se han propuesto varias estrategias que emplean este recurso en el entorno educativo. La que más destaca actualmente es la gamificación, estrategia que recoge la estructura de un juego y la aplica con la intención de motivar la consecución de objetivos académicos. La neurociencia ha descubierto que este planteamiento para el aula libera muchos químicos como la dopamina, generado por la novedad y que da lugar a la satisfacción y motivación; la oxitocina, que surge a partir de la historia que se presenta en un juego y que crea confianza en el niño; la serotonina, que aparece por los premios y hace que surjan emociones positivas; y las endorfinas, que se liberan por la superación de retos y crea el sentimiento de satisfacción (Redondo, 2017). Para incluir la gamificación correctamente en el aula, se hace necesario conocer las tres partes que hay que tener en cuenta durante el diseño y que menciona Borrás (2015):

1. Las dinámicas. Consisten en el formato o hilo general que va a seguir la gamificación: historia del juego, limitaciones, avance del jugador, emociones que se pretenden evocar, el nivel de relación que puede existir entre los jugadores...
2. Las mecánicas. Aquellas reglas que crean una chispa en el juego: pruebas a superar, competitividad, trabajo en equipo, colaboraciones, turnos de juego, recompensas...

3. Los componentes. Los elementos que se incluyen en el juego para mejorar su diseño: tipo de avatares, niveles, puntuación, tablas de clasificación, progresiones...

El avance de las tecnologías ha dado la oportunidad de aplicar la gamificación de una forma más sencilla debido a la aparición de aplicaciones y páginas web que ayudan tanto en el diseño (Borrás, 2015) como en la búsqueda de juegos educativos ya creados (García-Valcárcel, 1999). Como se explicó en el apartado 2.2. de este trabajo, hay un debate sobre la afección de las tecnologías en el desarrollo cerebral, lo cual traslada esta discusión a otros ámbitos como el de la gamificación, en el que se preguntan acerca de la eficacia o no de las tecnologías. Guillén (2015a) aboga por ser tolerante con las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), utilizarlas en dosis controladas y de forma adecuada; es decir, deberían considerarse como un recurso más en la educación que puede ser beneficioso si no se usa en exceso. Por su parte, y a modo de último ejemplo, García-Valcárcel (1999) propone estas mismas ideas, subraya la importancia de utilizar las TIC con moderación y señala que hay que ser consciente de las limitaciones del juego planteado a través de la tecnología, pues no ofrecen las mismas posibilidades (contacto con la naturaleza o el medio que le rodea, el uso de la motricidad en diferentes niveles, la utilización de los canales sensoriales...) al niño que el juego en el mundo real.

3.5. La creatividad.

La creatividad es una habilidad que permite crear novedosas y aplicables ideas en el día a día y que activa varias regiones del cerebro. Las neuroimágenes han identificado que, en un primer momento, interactúan la red por defecto (que se encarga del pensamiento automático) con la red de asignación de relevancia (ligada a la evocación de información y al reconocimiento de la novedad) y, a medida que se requiere más de la creatividad, se conectan la red por defecto con la red ejecutiva (relacionada con la regulación de los procesos cognitivos); en definitiva, la creatividad requiere de múltiples zonas cerebrales (Guillén, 2015b).

Resaltar el hecho de que la creatividad es un componente del ser humano que se ha considerado relativo, lo que ha dado lugar a una nueva definición que hace alusión a la capacidad de fragmentar una información recibida y reestructurarla para la consecución

de ciertos objetivos, algo muy parecido a la resolución de problemas. Este proceso de división y unión se puede hacer inmediatamente a partir del insight o más lentamente mediante un análisis crítico de la situación, pero ambas opciones no son excluyentes entre sí, sino que las dos se solapan de tal forma que la primera necesita de la segunda. Cuando una persona se enfoca en una actividad nueva, primero realiza un estudio profundo de todas sus características y, si no consigue completarla, el cerebro se bloquea impidiendo que se encuentre la solución. Esto lleva a que la persona se centre en otras tareas mientras el cerebro sigue trabajando en el primer problema que no se resolvió en un segundo plano y de forma inconsciente hasta que, espontáneamente (insight), se halla la respuesta buscada (Guillén, 2015b).

Este pensamiento automático puede ser favorecido con situaciones que propicien calma al niño, lo cual hace que la red ejecutiva trabaje menos y tome más importancia la red por defecto; con descansos periódicos durante la resolución de problemas, lo que permitirá aumentar las posibilidades de descubrir la solución; con emociones positivas que hacen que los niños relacionen más rápidamente diversas ideas y obtengan respuestas múltiples y diferentes; y en horarios en los que el cerebro esté cansado, aspecto que permitirá que este esté abierto a recibir información que, en un horario óptimo, resultaría extraña (Guillén, 2015b).

Por otro lado, la creatividad es un elemento del ser humano moldeable y que, mediante la práctica y su aplicación, puede mejorarse. Para ello, en el aula se pueden incluir proyectos y actividades que trabajen a partir de retos, de problemas con varias soluciones, de indagaciones, del pensamiento analítico... siempre incluyendo actividades artísticas que fomenten la visualización de situaciones desde varias perspectivas y el uso de la imaginación (Guillén, 2015b). Además, la creatividad no se da en todos los ámbitos de la vida, por lo que en el colegio se debe trabajar desde las particularidades de los alumnos para que todos mejoren en el conjunto de las áreas. Tampoco se sabe cuándo se hará uso de la creatividad, pero no por ello hay que dejar de ofrecer estímulos que enciendan la motivación y la curiosidad de los niños y espacios que acojan la creatividad y la maximicen. Por último, hay que ser conscientes de que ser original, aunque esté bastante relacionado, no es sinónimo de ser creativo; este último concepto incluye un criterio de funcionalidad de la propuesta pensada (Guillén, 2013b).

3.6. El cerebro social.

Al nacer, las personas ya dan muestras de tener una tendencia a lo social por las imitaciones que suelen realizar de otras personas y, el desarrollo del niño entre más personas junto con el aprendizaje de aspectos culturales y la aparición de la empatía, lo confirma (Guillén, 2014b). Actualmente se conoce la existencia de las neuronas espejo, cuya función es la de relacionar las conductas observadas en otras personas con las propias e intentar darle un sentido personal (Guillén, 2014a), y su gran influencia en la imitación que realiza el ser humano para aprender (Guillén, s.f.). Igualmente, las neuronas espejo han sido unidas a la empatía porque estas simplifican el proceso de comprensión de las emociones de otras personas mediante el análisis de sus expresiones y el uso del cerebro emocional. Para incrementar el rendimiento de las neuronas espejo y, por ende, el aprendizaje, se pueden favorecer la positividad y todas las emociones ligadas a esta, la comprensión ante las diversas situaciones, la conversación en el aula o las expectativas sobre el alumnado (Guillén, 2014a).

El cerebro social con el que cuenta el ser humano y la interacción que se da entre las personas beneficia al desarrollo del cerebro, pues hace que se mejore la neuroplasticidad y el rendimiento de las regiones del cerebro asociadas con la incorporación y el trabajo de la información social (Mentes Abiertas Psicología, s.f.b). Asimismo, los estudios neurocientíficos han proporcionado gran información sobre cómo el trabajo colaborativo aumenta la motivación y la segregación de dopamina, que repercutirá en la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje con el aumento de la memorización y de las conductas y emociones positivas (Guillén, 2014b).

Para poder tener la oportunidad de acceder a esta mejora del rendimiento, en el aula se ha empezado a emplear un tipo de aprendizaje, denominado cooperativo, con el que, a través de la colaboración del alumnado en pequeñas agrupaciones y una relación próxima entre los integrantes, tratan de alcanzar ciertos objetivos. Este aprendizaje puede integrarse en la mayoría de las actividades, pero hay que cumplir una serie de requisitos. Todos los alumnos que integren un equipo deben poder participar en la consecución de las metas aportando su esfuerzo personal, por lo que puede ser de utilidad otorgar roles. De esta forma, todos los miembros del grupo pueden desarrollar una responsabilidad propia por cumplir su tarea al mismo tiempo que una grupal, dedicada a conseguir el objetivo general. Para que el trabajo en equipo sea óptimo se

pueden enseñar valores que promuevan la empatía, el respeto a uno mismo y al resto de compañeros, la resolución de conflictos o incluso la escucha activa entre otros. Cuando se acabe la tarea en la que se ha aplicado la metodología, los alumnos deberían evaluar su trabajo para comprobar hasta qué punto han sabido colaborar por el propósito común y de qué forma ha trabajado cada uno (Guillén, 2014b).

Los beneficios del aprendizaje desde el cerebro social se ven reforzados al saber que, si se evitan estas interacciones, pueden aparecer factores adversos en la evolución cerebral como una alteración en las conexiones neuronales y en las habilidades sociales (Mentes Abiertas Psicología, s.f.b).

3.7. Espacios de aprendizaje.

¿Realmente el espacio en el que se desenvuelve el proceso de enseñanza-aprendizaje tiene influencia en el niño? Estamos ante un cambio de paradigma educativo en el que se está pasando de unas clases tradicionales en las que el maestro era el centro de la educación, a unas mucho más activas, paidocéntricas, colaborativas... (Montiel, 2017) lo cual genera la duda que se ha planteado en un inicio. Con el objetivo de comprender cómo la estructura de un espacio afecta al ser humano, ya hace tiempo que han surgido varias corrientes de pensamiento que van a encontrar cabida en este trabajo.

En la Teoría del Desarrollo a Escala Humana se propuso que el ser humano tenía una serie de necesidades que se mantenían a lo largo del tiempo y que lo único que cambiaba era la forma de satisfacerlas; de tal forma, existen cuatro necesidades sobre aspectos trascendentales (estar, ser, tener y hacer) y nueve relacionadas con la calidad de vida de la persona (afecto, entendimiento, subsistencia, participación, creación, ocio, protección, libertad e identidad). En esta teoría, la arquitectura, en sus distintas formas, es tenida en cuenta como un medio para satisfacer las necesidades mencionadas: el hogar velaría por las necesidades de protección-estar, los sitios de encuentro por las de afecto-estar... y las instituciones formativas, las de más incumbencia en este proyecto, por las de entendimiento-estar. Siguiendo esta teoría se constata la importancia que el diseño arquitectónico tiene sobre el ser humano (Neef et al., 1986; Neef, 2006, como se citó en Amann, 2015).

Desde la sociología también se han presentado diversas ideas acerca de la relevancia del espacio en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Esta sociología, a la que se le denomina del espacio o de los atributos espaciales (Leal, 1997, como se citó en Amann, 2015), defiende que el espacio va mucho más allá de una mera percepción física del mismo, sino que también tiene en cuenta las interacciones sociales, las cuales organiza y estructura (Amann, 2015). Cabe destacar al sociólogo Hernández (2010) que, como se señala en Rodríguez et al. (2016), otorgaba importancia a la evaluación de la ocupación de los espacios escolares para crear unos buenos procesos de enseñanza-aprendizaje.

Por su parte, muchos estudios sobre neurociencia parten de la psicología del espacio, que estudia la relación existente entre las personas y el ambiente (Montiel, 2017), y establecen una relación directa entre las propiedades físicas del espacio y la adquisición de aprendizajes (Amann, 2015). Gracias a los conocimientos proporcionados por la neurociencia y neuroeducación, se ha podido comprobar la influencia del ambiente en el alumnado y en su rendimiento: si el espacio está deteriorado, pueden afectarle en el rendimiento, pero, si existen unos estímulos agradables, pueden motivarle y mejorar su actividad mental (Montiel, 2017).

De igual forma, ha habido muchos autores que han reflexionado sobre esta misma temática y, como se podrá observar, han llegado a conclusiones muy similares: el espacio tiene una gran relevancia en los procesos de aprendizaje y enseñanza. Por ejemplo, Jahren (como se citó en Genís et al., 2019) propuso que el espacio condiciona el dicho proceso debido, fundamentalmente, al contexto sociocultural en el que se encuentra esta infraestructura. Mora (como se citó en Genís et al., 2019) nombra que sus diferentes estudios han demostrado que el tipo de arquitectura de las aulas puede influir en la cognición de los alumnos. Por su parte, Viñao, Otália y Escolano (como se citó en Rodríguez et al., 2016) comparten que el espacio es muy importante porque condiciona el comportamiento, la organización de la vida escolar y es donde se comparten los conocimientos, por lo que es imprescindible tenerlo en cuenta como un elemento más del aprendizaje.

3.7.1. Aspectos a tener en cuenta a la hora de diseñar un entorno.

Como se ha podido comprobar tras analizar las aportaciones de diferentes autores, la arquitectura del espacio educativo juega un papel muy importante en el alumnado ya

que, al final del día, es un sitio ajeno al familiar en el que pasan una gran cantidad de horas aprendiendo y relacionándose con muchas personas (Quesada, 2018). Por lo tanto, a la hora de crear las instituciones educativas, se han señalado diversos aspectos que se deberían tener en cuenta para construir un ambiente propicio para el proceso de enseñanza y aprendizaje.

En primer lugar, hay que cuidar tanto del continente (Genís et al., 2019), que se refiere a la construcción completamente vacía (Expansión, s.f.), como del contenido (Genís et al., 2019), que son todos aquellos componentes que se han introducido posteriormente en dicho ambiente (Expansión, s.f.), pues las nuevas estrategias educativas predicen por un completo uso del espacio en el aprendizaje, incluso por la eliminación de los límites espaciales. Por lo tanto, se hace significativo crear espacios acogedores, agradables y estimulantes que cumplan con las necesidades de los alumnos (Quesada, 2018) y que les proporcionen comodidad (Amann, 2015) y seguridad para que puedan aprovechar al máximo su estancia en el aula (Quesada, 2018). De igual forma, la estructura de la clase, los útiles y muebles que hay en ella deben ser elementos que estén directamente relacionados entre ellos, con el uso que se les vaya a dar (Genís et al., 2019; Quesada, 2018), deben mostrar una potencialidad para el aprendizaje y tienen que ser aprovechados para el fin educativo (Amann, 2015).

El tamaño del espacio es otra variable que se debería tener en consideración (Amann, 2015). Las aulas deben ser lugares que, al mismo tiempo que favorezcan el ocio y sean atractivos para los niños, tienen que tener unas dimensiones suficientes y/o amplias en las que se pueda desarrollar actividades que motiven el aprendizaje mediante el juego y las relaciones sociales (Amann, 2015; Quesada, 2018).

Al mismo tiempo, se hace necesario prestar atención a las características del ambiente como la luz, los colores, la temperatura, los sonidos, la flexibilidad del mismo... para poder contribuir a un espacio que se pueda ir modificando en función de las enseñanzas que se quieran impartir y los aprendizajes que se espera que el alumnado adquiera (Amann, 2015) y que favorezca la creatividad (Quesada, 2018). Asimismo, para que el aula pueda albergar diversas actividades, ya sean específicas o no, que sirvan para dinamizar y promover un aprendizaje activo, será muy útil contar diferentes superficies en el espacio (Amann, 2015).

A la hora de construir el espacio, se pueden introducir elementos del entorno exterior a la institución (Quesada, 2018), lo cual puede favorecer a crear un colegio que no sólo esté al servicio de los niños (Amann, 2015), sino que esté dispuesto a crear una relación entre este, que se convertiría en un transmisor de los valores relacionados con la cultura (Montiel, 2017), y el resto de la comunidad más próxima (Quesada, 2018). Para contribuir a este aspecto, otro punto que hay que plantearse a la hora de construir un espacio es el trabajo cooperativo, de tal forma que se tenga en consideración a todos los miembros de la comunidad educativa (familias, alumnos y profesores) junto con sus opiniones e ideas (Montiel, 2017).

Por otra parte, la construcción de un espacio educativo debe estar enfocada a largo plazo y es necesario pensar en su uso futuro, pues en él habitarán una gran cantidad de alumnos que estarán en un constante cambio (Quesada, 2018). Apoyando esta idea se encuentra Perkins, que se dio cuenta de que, a la hora de iniciar un proyecto de este estilo, era necesario no parar sólo a pensar en el uso presente del espacio, sino que también se debía pensar en los niños que iba a albergar y en lo que se pretendía realizar en él, con el objetivo de contribuir a la potencialización educativa de este (Amann, 2015; Montiel, 2017).

Siguiendo a Montiel (2017), debería existir una correspondencia entre la arquitectura planteada y los proyectos educativos propios del siglo XXI. Teniendo esto presente, se tendría que dejar a un lado la estructura tradicional de la clase, en la que el profesor era el centro de la educación, y comenzar a diseñarlo de forma que dé cabida a las nuevas metodologías que defienden un aprendizaje en cooperación y autodirigido.

Finalmente, resaltar la importancia de, no sólo prestar una atención aislada a los aspectos mencionados en este apartado, sino de tratar de coordinar todos ellos para un mejor aprovechamiento del espacio (Montiel, 2017).

3.7.2. Neuroarquitectura.

A inicios del siglo XX, se extendió una preocupación referida al diseño de los ambientes educativos lo cual llevó a que se empezara a considerar a nivel legislativo y a que, en torno a 1930, comenzaran a aparecer las primeras estructuras específicamente diseñadas para fines educativos (Rodríguez et al., 2016).

Más adelante, en 1950, el científico Salk se encontraba en su laboratorio investigando la cura para el polio, pero, al no obtener resultados, viajó hasta Asís (Italia) donde se hospedó en un convento. Estando allí le surgieron nuevas ideas que le permitieron encontrar la solución a esta enfermedad y pensó que, la estructura de la ciudad y el monasterio, le habían ayudado a que esto fuera posible. Ya de vuelta en Estados Unidos, invirtió en la construcción de un instituto que reprodujera las características que consideró imprescindibles en Italia y que fuera de ayuda para inspirar a otros investigadores. Gracias a Salk, que defendió que los ambientes deben poder inducir diferentes sentimientos, se podría decir que se construyó el primer edificio de referencia del término recientemente acuñado y que hoy se conoce como neuroarquitectura (Martinez, 2020; Lei, 2020).

Pero... ¿a qué hace referencia exactamente este concepto? Según Gutiérrez (2018), se podría definir como “estudio de la acción a través de la percepción del sujeto del espacio percibido y de la reacción de la imagen captada por el cerebro, produciendo sensaciones y comportamientos diversos del sujeto en su conducta” (p. 174). Dicho de otra forma, también podría explicarse como la construcción de diversos espacios a partir de la información obtenida sobre cómo funciona y reacciona el cerebro ante estos (Barbosa, 2019; Lei, 2020).

Para aplicar correctamente la neuroarquitectura, se hace necesario indagar de qué forma afecta la percepción del entorno construido (Moneo, 2017). Dicha percepción dará lugar a una serie de sensaciones que determinarán si un ambiente es agradable o no e influirán en las emociones, en la creatividad, en el comportamiento, en el cerebro, en los pensamientos... Por tanto, las características que se le den a un espacio dependerán de lo que se quiera causar en las personas; en el caso de los niños se buscará, como se ha mencionado anteriormente, que el colegio desprenda un aura agradable, cómoda y acogedora (Quesada, 2018). Cuando se percibe el espacio, los seres humanos pueden emplear los cinco sentidos, pero, de forma general, en los diseños arquitectónicos se le da prioridad a la visión (Martinez, 2020). Sin embargo, Robles y Esparza (como se citó en Gutiérrez, 2018) ofrecieron una variedad de consejos aplicables en el diseño arquitectónico que facilitaban la estimulación de todos los canales perceptivos:

1. Visión: se recomienda prestar atención a todos aquellos aspectos estéticos, a los colores empleados, a la luminosidad, al orden del espacio y la relación entre los elementos entre otros.
2. Tacto: a través de este sentido se puede, no sólo conocer la textura de lo tocado, sino también intuir cómo va a ser la experiencia táctil. Hay que pensar en las densidades, en las texturas empleadas y/o a las temperaturas de los materiales empleados.
3. Audición: se puede pensar en incluir algunos elementos sonoros o, más sencillamente, en preparar el aula para que no haya una gran cantidad de ruidos.
4. Olfato: para estimular este sentido, hay que pensar en los olores que suscitan emociones positivas o negativas. En una clase, será imprescindible fomentar los primeros para que puedan asociarse a un ambiente agradable.
5. Efecto memorial: en este punto se trata de explicar que, a través del diseño arquitectónico, se puede ayudar a evocar una serie de emociones (alegría, tristeza, añoranza...) relacionadas con vivencias pasadas.

Además, la neuroarquitectura también considera otros aspectos adicionales en la construcción del espacio y que varían levemente según los autores. Entre estos, se pueden encontrar los siguientes:

1. Continuidad del espacio-tiempo: en el hipocampo, existen unas neuronas que reaccionan ante los espacios, lo que permite al ser humano generar ideas acerca del sitio (Elizondo y Rivera, 2017 como se citó en Gutiérrez, 2018 y Barbosa, 2019).
2. Percepción espacial: es importante tener en cuenta los elementos que se van a emplear para no causar impedimentos a los futuros usuarios del espacio (Elizondo y Rivera, 2017 como se citó en Gutiérrez, 2018 y Barbosa, 2019).
3. Iluminación: este aspecto tiene una gran importancia en el diseño arquitectónico ya que influye en los ritmos circadianos de las personas. Si se apuesta por una iluminación natural, se estará incrementando la relación con el exterior, favorecerá la concentración y creará espacios más agradables; por el contrario, la

luz artificial hará que el cerebro trabaje mucho más de lo necesario, tiende a producir emociones negativas, da sueño (Elizondo y Rivera, 2017 como se citó en Gutiérrez, 2018 y Barbosa, 2019; Rossler, 2023; Lei, 2020) ...

4. Temperatura: el comportamiento depende mucho de este componente y, ante cambios bruscos de temperatura, las personas pueden llegar a mostrarse ariscos o bajar la productividad (Rossler, 2023; Lei, 2020).
5. Naturaleza: la vegetación, ya sea dentro del espacio o fuera, es de gran ayuda para mantener la concentración, para rebajar los niveles de estrés y, principalmente, para fomentar la creatividad (Rossler, 2023; Lei, 2020).
6. Colores: tienen influencia en las diversas áreas del cerebro y, dependiendo de los colores, se obtendrán unos resultados u otros. Por ejemplo, los colores más parecidos a los de la naturaleza crean un ambiente relajado, mientras que los colores cálidos favorecen la concentración (Lei, 2020).
7. Altura del techo: es un elemento que influye de diversas formas. Ante unos techos altos, las personas tienden a sentirse libres y se muestran más creativos; ante unos bajos, se suele estar más concentrado y prestar atención a los detalles (Lei, 2020).
8. Contacto visual: un espacio que favorezca esto, al mismo tiempo aumentará la posibilidad de que las personas se relacionen entre sí y creen nuevas relaciones sociales (Lei, 2020).
9. Recorridos: aquellos ambientes que favorecen la libre circulación permitirán que las personas, en este caso los niños, encuentren más oportunidades para poder experimentar con el entorno (Lei, 2020).
10. Aprendizaje y memoria: se hace necesario incluir objetos o materiales que actúen como referencias espaciales y que faciliten el aprendizaje del lugar y la ubicación en el mismo (Lei, 2020).
11. Emociones: al llegar a un espacio se generan una serie de emociones (de agrado, incomodidad...) que van a hacer que se generen una serie de opiniones y juicios sobre el sitio en cuestión (Lei, 2020).

12. Morfología del espacio y mobiliario: los estudios han demostrado que las curvas, los ángulos menos marcados y los contornos suaves contribuyen a que las personas se sientan como si estuvieran en un ambiente relajado, cambiante, seguro y cómodo (Rossler, 2023; Lei, 2020).
13. Sonidos y aromas (Rossler, 2023; Lei, 2020): estos dos puntos tienen mucha relación con lo explicado antes sobre la importancia de estimular las diversas vías perceptivas y los recursos propuestos para el olfato y la audición.

Todos estos aspectos y puntos que se han ido mencionando a lo largo de todo este apartado, pueden ser de gran utilidad si se tienen presentes a la hora de conformar un espacio que, en un futuro, va a acoger a una gran diversidad de alumnos que van a estar en constante cambio.

4. ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD.

4.1. A lo largo de la historia y Objetivos de Desarrollo Sostenible.

La diversidad siempre ha estado presente en la especie humana y lo único que ha ido cambiando con el paso del tiempo son los conceptos teóricos y los pensamientos que se han ido desarrollado para tratar dicha diversidad (Instituto Nacional de Antropología e Historia [INAH], 2022).

En la Edad Antigua y la Edad Media, se extendió una visión de rechazo absoluto que llevaba a pensar que la diversidad era demoníaca y que era necesario excluir, confinar y alejar a las personas afectadas o, en algunos casos, incluso matarlas. Desde el Renacimiento hasta el siglo XVIII, se comenzaron a realizar intervenciones con fines educativos, pero sólo con aquellas personas que presentaban una diversidad sensorial. Tras estas épocas y durante todo el siglo XIX y parte del XX, empieza una preocupación por atender la diversidad, aunque desde una perspectiva tradicional y de déficit. Con este modelo, se pretendía rehabilitar a las personas de forma ajena al sistema educativo normativo y, al estar basado en los conceptos de innatismo y estabilidad, se creía que cada tipo de diversidad requería de una pedagogía explícita; para ello, diagnosticaban a las personas cuanto antes y las agrupaban de forma segregada para ofrecerles una atención concreta (González, 2009). En los años 50-60 se

intentó que todos los niños, independientemente de sus capacidades, estuvieran reunidos en el sistema educativo ordinario (Anzano, 2015; Prada, 2014) y, a raíz de la Ley General de Educación (1970), se empezó a hablar de una Educación Especial diferente a la ordinaria que estuviera enfocada en atender al conjunto de, por entonces llamados así, discapacitados (González, 2009).

Poco más tarde, en 1978, se publicó el informe Warnock, el cual rechazaba la idea de la existencia de dos grupos diferenciados de niños, uno con discapacidades y otro sin ellas (Anzano, 2015). A partir de los conceptos incorporados de comprensión y de diversidad (Prada, 2014), este informe defendió que el objetivo de la educación era aceptar al niño con necesidades específicas, no intentar cambiarlo (Camacho, 2017). Además, se partió de la premisa de que todos los alumnos son diferentes y tienen sus propias dificultades, sólo que hay algunos que necesitan ayudas específicas para poder alcanzar los objetivos que se proponen en la educación. Teniendo esto presente, la Educación Especial pasó a entenderse como un medio que ofrece los recursos necesarios para mejorar el desarrollo del alumnado (González, 2009). La suma de todos estos aspectos dio lugar a una escuela denominada integradora, concepto que ha ido evolucionando con el tiempo para dar lugar a uno nuevo: la inclusión (Camacho, 2017). La educación inclusiva tiene mucha más amplitud que la integración pues no se enfoca solo en atender la diversidad, sino que busca crear una educación de calidad (Camacho, 2017; González, 2009) en la que pueda participar todo el alumnado libremente. Para alcanzar este tipo de enseñanza-aprendizaje y que todos puedan enriquecerse de él (Anzano, 2015), se hace necesaria la formación del profesorado, la flexibilidad en la enseñanza (González, 2009), la normalización de la diversidad (Camacho, 2017) y la identificación de barreras que dificultan el disfrute de la educación a algunos niños (Anzano, 2015).

Tras este breve análisis de la evolución histórica de la atención a la diversidad, cabe destacar un movimiento iniciado en el 2015 por los máximos representantes de diferentes partes del mundo. Esta iniciativa dio lugar a la Agenda de Desarrollo Sostenible 2030 en la que se incluyen diecisiete objetivos generales con sus respectivos objetivos específicos relacionados con varios ámbitos de la vida diaria:

1. El fin de la pobreza.

2. Hambre cero.
3. Salud y bienestar.
4. Educación de calidad.
5. Igualdad de género.
6. Agua limpia y saneamiento.
7. Energía asequible y no contaminante.
8. Trabajo decente y crecimiento económico.
9. Industria, innovación e infraestructura.
10. Reducción de las desigualdades.
11. Ciudades y comunidades sostenibles.
12. Producción y consumo responsable.
13. Acción por el clima.
14. Vida submarina.
15. Vida de ecosistemas terrestres.
16. Paz, justicia e instituciones sólidas.
17. Alianzas para lograr los objetivos (Objetivos de Desarrollo Sostenible [ODS], s.f.a).

Entre ellos, como se puede observar, el número cuatro hace referencia directa a la educación, concretamente a una de calidad, aspecto propio de la educación inclusiva. Los retos incluidos dentro de este Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) abarcan muchos puntos: ayudar a que los jóvenes terminen los estudios obligatorios, poder ofrecer una educación preescolar de calidad, facilitar la igualdad de acceso a la educación para todos independientemente de su género y/o necesidades, favorecer la alfabetización de todos los niños y adultos, introducir conocimientos para fomentar el desarrollo sostenible, adecuar los espacios educativos en función de las necesidades que se visualicen, aumentar el número de ayudas para los educandos, incrementar la

cualificación de los docentes... Todos ellos son realmente importantes para promover la inclusión de la que se ha hablado anteriormente, ya que buscan romper con las barreras que impiden a los niños acceder a la educación y ofrecer una educación de calidad (ODS, s.f.b) que permita a los alumnos enriquecerse de las personalidades de los demás; es decir, las metas de este ODS casan completamente con la atención a la diversidad y los principios básicos de la inclusión.

Finalmente, la neurociencia ha proporcionado una gran ayuda a la hora de atender la diversidad pues, toda la información científica y rigurosa que ha proporcionado, ha servido para entender que cada niño es diferente y no aprenden de la misma forma, para enfocar el trabajo que se hace con el alumnado y para fomentar la incorporación de la inclusión en el aula (Edelman, 2022).

4.2. Mejora de las funciones ejecutivas.

Este trabajo pretende enfocarse más en las funciones ejecutivas, por lo que se va a analizar cómo se pueden mejorar dichos procesos en la atención a la diversidad. Pero, para ello, se hace necesario conocer si las funciones ejecutivas pueden verse afectadas y de qué modo.

El desarrollo de las neurociencias y de la tecnología asociada a ella ha permitido observar que existe la posibilidad de que se den problemas en el lóbulo frontal, área principalmente relacionada con el desarrollo de las funciones ejecutivas (Bausela y Santos, 2006; Federación de Asociaciones de Personas con Discapacidad Física y Orgánica de la Comunidad de Madrid [FAMMA], s.f.), lo que daría lugar a un déficit de este tipo de funciones. No obstante, ciertos estudios recalcan la necesidad de no abordar esta alteración estrictamente teniendo en cuenta el lugar de la afección pues, como se explicó en el apartado de las funciones ejecutivas, estas no sólo se desarrollan en la corteza prefrontal, sino que se implican otras muchas regiones cerebrales (Bausela y Santos, 2006).

De igual forma, se ha podido contemplar que la disfunción ejecutiva ocasiona varias conductas como la dificultad para iniciar una actividad, para resolver conflictos, para prestar atención a diversos aspectos al mismo tiempo, para cambiar el foco de atención sobre varios estímulos rápidamente, para inhibir conductas automáticas e impulsivas,

para elegir las opciones óptimas en diferentes situaciones, para retener mucha información y manipularla en un corto periodo de tiempo... Con el tiempo se ha visto que estos síntomas tienen una alta conexión con los trastornos del neurodesarrollo (Ripollés, 2017), incluso hay autores como Artigas (como se citó en Bausela et al., 2019) que propusieron que estas alteraciones se producen por una tardanza en la evolución de las funciones ejecutivas y del sistema nervioso central.

La relación explicada se puede observar porque muchas de las características casan con trastornos neurológicos concretos (Ripollés, 2017), pero, como este proyecto está encuadrado en el marco de la infancia, se va a hablar sobre el déficit de las funciones ejecutivas en trastornos más usuales en estas edades. Un primer ejemplo puede ser el Trastornos del Espectro Autista (TEA), en el que se ha visto que la flexibilidad cognitiva, la inhibición, la planificación y la memoria de trabajo se encuentran afectadas (Bausela et al., 2019), lo cual puede generar todas las singularidades propias de este trastorno (la inflexibilidad, la aversión a enfrentarse a situaciones que resultan nuevas, la falta de empatía, las conductas estereotipadas, acciones impulsivas...) (Bausela et al., 2019; Ripollés, 2017). En segundo lugar, los niños con Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) se conocen por presentar dificultades en la memorización de muchos aspectos al mismo tiempo, conductas impulsivas que no son aceptadas bajo las normas sociales, falta de motivación y ser muy obcecados. Todo ello puede ser causado por deficiencias en la flexibilidad cognitiva, en la planificación (Moreno, 2022), en la memoria de trabajo (Bausela et al., 2019; Moreno, 2022) y, una que tiene un gran peso sobre todo en aquellos que presentan TDA con hiperactividad (Moreno, 2022), en la inhibición de conductas automáticas (Bausela et al., 2019; Moreno, 2022). El último ejemplo está referido a los trastornos específicos del aprendizaje como la dislexia, en la que está dañada la memoria de trabajo; los problemas en la adquisición de la lectura y de las competencias matemáticas, donde se ven perjudicadas la flexibilidad, la memoria de trabajo, la inhibición y, en el segundo trastorno, la planeación; o los que se pueden dar en la adquisición de la habilidad de la escritura, donde se encuentra que la planificación y la memoria de trabajo están poco evolucionadas (Bausela et al., 2019).

Como se puede contemplar, sí que es posible que las funciones ejecutivas se vean dañadas y que esto introduzca cambios en la vida diaria de las personas que lo sufren,

pero ¿existe alguna forma de mejorar estos procesos cerebrales e impulsar su desarrollo? La respuesta es afirmativa y se pueden aplicar varios métodos que van desde tener una estructura clara del espacio para favorecer la memorización, hasta ofrecer varias situaciones con varias soluciones para que tengan que seleccionar la mejor opción, pasando por dar tiempos limitados para realizar ciertas actividades o incluso crear listas con las tareas pendientes para favorecer la planificación (FAMMA, s.f.).

5. CONCLUSIONES Y VALORACIÓN PERSONAL.

A partir de este trabajo, se han podido repasar ciertos conceptos clave desde una visión neurocientífica que han dado a conocer cómo funcionan los procesos atencionales y memorísticos, qué los favorece, cómo trabajar sobre y con las funciones ejecutivas desde una mirada inclusiva, la importancia de mantener un ambiente que suscite emociones positivas para impulsar el aprendizaje y la comodidad del niño en el aula y la forma positiva con la que influyen estrategias como el aprendizaje basado en el juego y el aprendizaje cooperativo. En definitiva, se ha podido comprobar que “nada se puede llegar a conocer más que aquello que se ama” (Mora, 2013, p. 67) y, el amor por la educación y la necesidad de conocer más para mejorar como futura docente es lo que ha llevado a la creación de este trabajo que, de forma general, trata de mostrar cómo el cuidado del proceso de enseñanza-aprendizaje desde una visión neurocientífica, da lugar a una mejora del desarrollo holístico del niño.

Con este trabajo, se hace un recorrido por todos los aspectos clave considerados en la neuroeducación, algo que puede ayudar a tener una mirada amplia acerca de la temática. Junto a esto, se considera que uno de los puntos fuertes de este trabajo es la explicación profunda que se hace en cada uno de los apartados para poder facilitar la comprensión de todos ellos. No obstante, se presenta una limitación que está relacionada con el hecho de no haber incluido una propuesta que pueda mostrar una aplicación en el aula de todos los aspectos hablados.

Por otra parte, resultó complejo encontrar información concreta acerca de las funciones ejecutivas para poder escribir sobre estas. Por ello se cree que se deja una puerta abierta, principalmente, para encontrar más datos que ayuden a precisar los conocimientos acerca de este tópico. También fue complejo encontrar fundamentos acerca de los diferentes tipos de funciones ejecutivas que tiene el ser humano, así que se

podría incidir en ello realizando una búsqueda más profunda sobre los tipos que hay o los diferentes modelos existentes. Finalmente, al investigar sobre el cerebro social, se encontró información referida a la sincronía cerebral en el aula y sus beneficios en el aprendizaje, un tema que resulta curioso y sobre el que sería interesante investigar.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Adam&Mila. (s.f.). *Brain development of children from 0-6 years – Facts every parent should know*. <https://www.adam-mila.com/brain-development-children-0-6-years/>
- Amann, B. (2015). Educación para el desarrollo sostenible (EDS) y arquitectura escolar. El espacio como reactivo del modelo pedagógico. *Bordón: Revista de pedagogía*, 68 (1), 145-163.
- Anzano, S. (2015). Evolución histórica de la atención a la diversidad en la escuela: estudio descriptivo sobre la actitudes de los maestros de educación primaria ante la inclusión en dos centros públicos de Huesca. *Educación y Diversidad*, 9 (1-2), 73-84.
- Ardila, A. y Ostrosky, F. (2008). Desarrollo Histórico de las Funciones Ejecutivas. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8 (1), 1-21.
- Barbosa, M. A. (2019). *Equipamiento Educativo Britalia: Neuroarquitectura aplicada al diseño de una institución educativa* [Trabajo final, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/7b5a45e8-420f-476e-953f-817c20ff39a6>
- Bausela, E. y Santos J. L. (2006). Disfunción ejecutiva: sintomatología que acompaña a la lesión y/o disfunción del lóbulo frontal. *Revista Internacional On-line*, 5 (2), 1-15.
- Bausela, E. (2014). Funciones ejecutivas: nociones del desarrollo desde una perspectiva neuropsicológica. *Acción Psicológica*, 11 (1), 21-34.
- Bausela, E., Tirapu, J. y Cordero, P. (2019). Déficits ejecutivos y trastornos del neurodesarrollo en la infancia y en la adolescencia. *Revista de Neurología*, 69 (11), 461-469. <https://doi.org/10.33588/rn.6911.2019133>
- Béjar, M. (2014). Una mirada sobre la educación. Neuroeducación. *Padres y maestros*, (355), 49-52.
- Berlitz. (24 de agosto de 2022). *Influencia del ejercicio físico en el aprendizaje*.

<https://www.berlitz.com/es-ec/blog/influencia-del-ejercicio-fisico-en-el-aprendizaje>

Blanco, C. (2014). *Historia de la neurociencia: el conocimiento del cerebro y la mente desde una perspectiva interdisciplinar*. Biblioteca Nueva.

<https://elibro.net/es/lc/unizar/titulos/120147?prev=fs>

Borrás, O. (2015). *Fundamentos de la gamificación*. Monografía (Documentación). Rectorado (UPM), Madrid. <https://oa.upm.es/35517/>

Braidot, N. (2013). *Cómo funciona tu cerebro para Dummies*. CEAC. https://proassets.planetadelibros.com/usuaris/libros_contenido/arxius/28/27413_Como%20funciona%20cerebro%20DUMMIES.pdf

Camacho, I. (2017). *Atención a la diversidad: evolución legal y visión profesional* [Trabajo Fin de Máster, Universidad de La Laguna]. Repositorio Institucional Universidad de La Laguna. <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/7355>

Campos, A. L. (2010). *Primera infancia: una mirada desde la neuroeducación*. Cerebrum. <https://hdl.handle.net/20.500.12799/4671>

Cavada, C. (s.f.). *Introducción histórica a la Neurociencia*. Sociedad Española de Neurociencia. <https://www.senc.es/introduccion-historica-a-la-neurociencia/>
Clínic Barcelona. (6 de septiembre de 2022). *¿Qué efectos tiene en el cerebro realizar actividad física?* <https://www.clinicbarcelona.org/noticias/que-efectos-tiene-en-el-cerebro-realizar-actividad-fisica>

Del Barrio, P. (2019). *La Atención y las Funciones Ejecutivas*. ISEP clínic. Psicología clínica y de la salud. <https://granada.isepclinic.es/la-atencion-y-las-funciones-ejecutivas/#:~:text=La%20atenci%C3%B3n%20ejecutiva%20es%20la,cognitiva%20y%20el%20control%20inhibitorio.>

Diógenes Atención Integral Terapéutica. (1 de marzo de 2022). *Influencia de la tecnología en el desarrollo del niño*. <https://www.diogeneslogopeda.com/influencia-de-la-tecnologia-en-el-desarrollo/>

Domínguez, M. (2019). Neuroeducación: elemento para potenciar el aprendizaje en las aulas del siglo XXI. *Educación y Ciencia*, 8 (52), 66-76.

Duque, J. E., Barco, J. y Peláez, F. J. (2011). Santiago Felipe Ramón y Cajal, ¿Padre de la Neurociencia o Pionero de la Ciencia Neural? *International Journal of*

- Morphology*, 29 (4), 1202-1206.
- Echavarría, L. M. (2017). Modelos explicativos de las funciones ejecutivas. *Revista de Investigación en Psicología*, 20 (1), 237-247.
- Edelwman, G. (19 de diciembre de 2022). *Neurociencia, inclusión y atención a la diversidad*. Educared.
<https://educared.fundaciontelefonica.com.pe/actualidad/neurociencia-inclusion-y-atencion-a-la-diversidad/>
- Estany, A. (2013). La filosofía en el marco de las neurociencias. *Revista de Neurología*, 56 (6), 344-348.
- Eunice Kennedy Shriver National Institute of Child Health and Human Development. (17 de octubre de 2019). *Sobre de la neurociencia*.
<https://espanol.nichd.nih.gov/salud/temas/neuro/informacion>
- Expansión. (s.f.). ¿Qué son el continente y el contenido?
<https://www.expansion.com/economia-para-todos/seguros/que-son-el-continente-y-el-contenido.html>
- Federación de Asociaciones de Personas con Discapacidad Física y Orgánica de la Comunidad de Madrid. (s.f.). *¿Cómo mejorar las funciones ejecutivas?*
<https://famma.org/como-mejorar-las-funciones-ejecutivas/>
- Figueroa, E. C. (2019). Generar conflictos cognitivos, un reto para el docente neuroeducador. *Revista de Investigación Proyección Científica*, 1 (1), 227-234.
- Flores, J. C., Castillo, R. E. y Jiménez, N. A. (2014). Desarrollo de funciones ejecutivas, de la niñez a la juventud. *Anales de psicología*, 30 (2), 463-473.
<http://dx.doi.org/10.6018/analesps.30.2.155471>
- Förster, J. y López, I. (2022). Neurodesarrollo humano: un proceso de cambio continuo de un sistema abierto y sensible al contexto. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 33 (4), 338-346.<https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-pdf-S0716864022000724>
- García-Valcárcel, A. (1999). El juego y las nuevas tecnologías. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 13, 89-104. <http://hdl.handle.net/11441/45490>
- García, L. (18 de mayo de 2022). *Memoria de trabajo y memoria a corto plazo: definición y diferencias*. NeuronUP.

<https://neuronup.com/neurociencia/neuropsicologia/memoria/memoria-de-trabajo-y-memoria-a-corto-plazo-definicion-y-diferencias/>

Genís, M., Maroto, J. y Taberna, J. (2019). La influencia del espacio en el aprendizaje de la arquitectura. Bauhaus de Dessau y ENSA Nantes. *ZARCH*, 12, 82-95.

<https://papiro.unizar.es/ojs/index.php/zarch/article/view/3544>

González, E. (29 de junio-1 de julio de 2009). *Evolución de la Educación Especial: del modelo del déficit al modelo de la Escuela Inclusiva*. Coloquio de la Sociedad Española de Historia de la Educación, Iruña, Pamplona, España.

Gordillo, M., Ruíz, M. I., Sánchez, S. y Calzado, Z. (2016). Clima afectivo en el aula: vínculo emocional maestro-alumno. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 1 (1), 195-201.

<http://dx.doi.org/10.17060/ijodaep.2016.n1.v1.273>

Guillén, J. C. (s.f.). *Las claves de la neuroeducación*. NIUCO.
<https://niuco.es/las-claves-de-la-neuroeducacion/>

Guillén, J. C. (13 de julio de 2012). *La memoria: un recurso fundamental*. Escuela con cerebro.

<https://escuelaconcerebro.wordpress.com/2012/07/13/la-memoria-un-recurso-fundamental-2/>

Guillén, J. C. (24 de enero de 2013a). *Neuromitos en la educación*. Escuela con cerebro.
<https://escuelaconcerebro.wordpress.com/2013/01/24/neuromitos-en-la-educacion/>

Guillén, J. C. (1 de julio de 2013b). *Creatividad y neuroeducación*. Escuela con cerebro.
<https://escuelaconcerebro.wordpress.com/2013/07/01/creatividad-y-neuroeducacion/>

Guillén, J. C. (7 de enero de 2014a). *Neuronas espejo en el aula*. Escuela con cerebro.
<https://escuelaconcerebro.wordpress.com/2014/01/07/neuronas-espejo-en-el-aula/>

Guillén, J. C. (23 de octubre de 2014b). *El cerebro social: cooperación en el aula*. Escuela con cerebro.
<https://escuelaconcerebro.wordpress.com/2014/10/23/el-cerebro-social-cooperacion-en-el-aula/>

Guillén, J. C. (14 de enero de 2015a). *El juego, un mecanismo natural imprescindible para el aprendizaje*. Escuela con cerebro.

<https://escuelaconcerebro.wordpress.com/2015/01/14/el-juego-un-mecanismo-natural-imprescindible-para-el-aprendizaje/>

Guillén, J. C. (1 de diciembre de 2015b). *¡Eureka! El cerebro creativo en acción. Escuela con cerebro.* <https://escuelaconcerebro.wordpress.com/tag/insight/>

Gutiérrez, L. (2018). Neuroarquitectura, creatividad y aprendizaje en el diseño arquitectónico. *Paideia XXI*, 6 (7), 171-189.

Ibáñez, A. (18 de octubre de 2022). *Neurociencia y funciones ejecutivas: cómo mejorar el aprendizaje mediante la neuroeducación.* Red Cenit. Centros de desarrollo cognitivo.

<https://www.redcenit.com/neurociencia-y-funciones-ejecutivas-como-mejorar-el-aprendizaje-mediante-la-neuroeducacion/>

Instituto Nacional de Antropología e Historia. (8 de septiembre de 2022). *La diversidad ha existido siempre, no es un concepto que llegue con la modernidad, al igual que la diversidad sexual.*

<https://www.inah.gob.mx/boletines/la-diversidad-ha-existido-siempre-no-es-un-concepto-que-llegue-con-la-modernidad-al-igual-que-la-diversidad-sexual#:~:text=%E2%80%9CLa%20diversidad%20existe%20desde%20que,atracci%C3%B3n%2C%20el%20gozo%20y%20su>

Instituto Neurológico Integral Beremia. (2021). *Neuroeducación.* Magister.

Lei, P. Y. (2020). *Neuroarquitectura. Neurociencia aplicada a espacios educativos* [Trabajo Fin de Grado, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo Digital UPM. <https://oa.upm.es/66240/>

Marcos, V. (13-14 de mayo de 2010). *Salvando la brecha digital: la plasticidad del cerebro joven frente a los circuitos neuronales ya consolidados de un cerebro adulto.* Congreso Internacional Europa/América Latina ATEI. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4152768>

Martinez, R. J. (2020). *Aplicación de los principios de la Neuroarquitectura para el diseño de un centro de atención para dependiente a sustancias psicoactivas en la provincia de Trujillo en el 2019* [Tesis, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN.

Maureira, F. (2010). Neurociencia y educación. *Exemplum*, 3, 267-274.

Medina, M. P., Caro, I., Muñoz, P., Leyva, J., Moreno, J. y Vega, S. M. (2015). Neurodesarrollo infantil: características normales y signos de alarma en el niño

menor de cinco años. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 32 (3), 565-573.

Mentes Abiertas Psicología. (s.f.a). *Tipos de atención*.
<https://www.mentesabiertaspsicologia.com/blog-psicologia/blog-psicologia/tipos-de-atencion>

Mentes Abiertas Psicología. (s.f.b). *El cerebro social: Investigaciones que avalan la importancia de la interacción social en el funcionamiento cerebral*.
<https://www.mentesabiertaspsicologia.com/blog-psicologia/blog-psicologia/el-cerebro-social-investigaciones-que-avalan-la-importancia-de-la-interaccion-social-en-el-funcionamiento-cerebral>

Moneo, B. (2017). Neuroarquitectura. *Revista Científica y Técnica de la Asociación Española de Ingeniería Hospitalaria*, 44-46.
<https://aeih.org/wp-content/uploads/2019/09/AEIH-Anuario-2017.pdf>

Montiel, I. (2017). Neuroarquitectura en educación. Una aproximación al estado de la cuestión. *Revista Doctorado UMH*, 3 (2), 1-10.
<https://revistas.innovacionumh.es/index.php/doctorado/article/view/641/992>

Mora, F. (2013). *Neuroeducación. Solo se puede aprender aquello que se ama*. Alianza Editorial.

Moreno, P. (26 de mayo de 2016). *Desarrollo de las funciones ejecutivas durante la infancia y la adolescencia*. Red Cenit. Centros de desarrollo cognitivo.
<https://www.redcenit.com/desarrollo-de-las-funciones-ejecutivas-durante-la-infancia-y-la-adolescencia/>

Moreno, P. (8 de noviembre de 2022). *La disfunción ejecutiva: TDAH y dificultades en las Funciones Ejecutivas*. Red Cenit. Centros de desarrollo cognitivo.
<https://www.redcenit.com/la-disfuncion-ejecutiva-tdah-y-dificultades-en-las-funciones-ejecutivas/>

NeuronUP. (14 de junio de 2022). *La memoria: definición, tipos, ejercicios y evaluación*.
<https://neuronup.com/neurociencia/neuropsicologia/memoria/la-memoria-definicion-tipos-ejercicios-y-evaluacion/>

Objetivos de Desarrollo Sostenible. (s.f.a). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Objetivos de Desarrollo Sostenible. (s.f.b). *Objetivo 4: Garantizar una educación*

inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/education/>

Ortega, R. (8 de mayo de 2014). *7 consejos para ser más afectivo y efectivo en el aula.*

Formación en un Clic.

<https://clic.es/formacion/7-consejos-para-ser-mas-afectivo-y-efectivo-en-el-aula/>

Palacios, L. (2020). *Abriendo la caja negra: una historia de la neurociencia.* Editorial Universidad del Rosario. <https://elibro.net/es/lc/unizar/titulos/198446>

Parra, S. C. (2019). Aprendiendo desde la emoción. *Infancia Imágenes*, 18 (2), 285-294.
<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/infancias>

Paz, C. E., Acosta, M. P., Bustamante, R. E. y Paz, C. E. (2018). Neurociencia vs Neurodidáctica en la evolución académica en la educación superior. *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 10 (1), 207-228.

Pérez, M. J. (30 de enero de 2017). *10 Hábitos para Ejercitar la Memoria.* Escuela de la memoria. <https://escueladelamemoria.com/ejercitar-la-memoria-2/>

Prada, D. (2014). *Evolución del concepto de atención a la diversidad* [Trabajo Fin de Grado, Universidad de Valladolid]. Universidad de Valladolid Repositorio Documental.

Quesada, M. J. (2018). Condiciones de la infraestructura educativa en la región pacífico central: los espacios escolares que promueven el aprendizaje en las aulas. *Revista Educación*, 43 (1), 293-311. <https://doi.org/10.15517/revedu.v43i1.28179>

Rebollo, M. A. y Montiel, S. (2006). Atención y funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, 42 (Supl 2), 3-7.

Redondo, J. L. (20 de febrero de 2017). *Gamificación desde la neuroeducación.* Escuela con cerebro.

<https://escuelaconcerebro.wordpress.com/2017/02/20/gamificacion-desde-la-neuroeducacion/>

Rhenals, J. C. (2022). El juego como elemento neuroeducativo. Un análisis desde la reflexión y el desarrollo de habilidades. *Lúdica Pedagógica*, (35), 54-60.
<https://doi.org/10.17227/ludica.num35-14551>

Ripollés, A. (21 de julio de 2017). *Qué es el déficit en la Función Ejecutiva y por qué es tan relevante.* Red Cenit. Centros de desarrollo cognitivo.
<https://www.redcenit.com/deficit-funcion-ejecutiva/>

- Rodríguez, L., Gallego, J. L. y Rodríguez, A. V. (2016). Reflexiones docentes acerca del diseño arquitectónico de los centros de formación profesional en Granada. *Propósitos y Representaciones*, 4 (1), 115-168.
- Rosselli, M. (2002). Maduración cerebral y desarrollo cognoscitivo. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 1 (1), 1-14.
- Rosselli, M., Jurado, M. B. y Matute, E. (2008). Las Funciones Ejecutivas a través de la Vida. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8 (1), 23-46.
- Rossler, K. A. (2023). *Neuroarquitectura: diseño de espacios para la educación*. Encuentro de Jóvenes Investigadores. <https://hdl.handle.net/11185/6935>
- Stamm, J. (2018). *Neurociencia infantil: el desarrollo de la mente y el poder del cerebro de 0 a 6 años*. Narcea Ediciones. <https://elibro.net/es/lc/unizar/titulos/113132>
- Stelzer, F., Cervigni, A. y Martino, P. (2010). Bases neurales del desarrollo de las funciones ejecutivas durante la infancia y adolescencia. Una revisión. *Revista Chilena Neuropsicología*, 5 (3), 176-184.
- Tirapu, J. y Luna, P. (2008). Neuropsicología de las funciones ejecutivas. *Manual de Neuropsicología* (221-259). Viguera Editores.
- Valiente, M. (29 de julio de 2015). *El juego como instrumento de aprendizaje: aplicaciones prácticas para el cerebro en desarrollo*. Escuela con cerebro. <https://escuelaconcerebro.wordpress.com/2015/07/29/el-juego-como-instrumento-de-aprendizaje-aplicaciones-practicas-para-el-cerebro-en-desarrollo/>