



**E. U. DE EDUCACIÓN Y TURISMO**

## **TRABAJO DE FIN DE GRADO EN MAESTRO DE EDUCACIÓN INFANTIL**

### **PORTADA**

**ESCUELA UNIVERSITARIA DE EDUCACIÓN Y TURISMO Y DE ÁVILA**

**TRABAJO FIN DE GRADO EN MAESTRO DE EDUCACIÓN INFANTIL**

**Neuroplasticidad y aprendizaje: el papel en el desarrollo de la atención, memoria y lenguaje.**

**AUTOR: Ana Isabel Saborido Martín**

**Ávila, 3 de julio de 2017**

## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| 1.INTRODUCCIÓN.....                                 | 3  |
| 2.DESARROLLO ONTOGENÉTICO DEL SISTEMA NERVIOSO..... | 4  |
| 3.PLASTICIDAD CEREBRAL.....                         | 13 |
| 3.1. Plasticidad celular: neurogénesis.....         | 15 |
| 3.2. Plasticidad sináptica: sinaptogénesis.....     | 18 |
| 3.3. Otras formas de plasticidad cerebral.....      | 21 |
| 4-PROCESOS COGNITIVOS SUPERIORES.....               | 23 |
| 4.1. La atención.....                               | 24 |
| 4.2. La memoria.....                                | 28 |
| 4.3. El lenguaje: oral y escrito.....               | 32 |
| 5-EDUCACIÓN Y NEUROCIENCIAS.....                    | 39 |
| 6-CONCLUSIONES.....                                 | 42 |
| 7-BIBLIOGRAFÍA.....                                 | 45 |

## 1.INTRODUCCIÓN.

El objetivo de este trabajo de fin de grado, es realizar una revisión bibliográfica que nos permita comprender el papel que desempeña la plasticidad neuronal en los aprendizajes de los niños durante las primeras etapas del desarrollo, y descubrir la relación entre dicha plasticidad y el desarrollo de funciones cognitivas superiores como la atención, la memoria y el lenguaje.

Queremos resaltar la importancia de analizar desde el punto de vista interdisciplinar, dos materias que tradicionalmente han trabajado de manera independiente, como la educación y la neurociencia; sin embargo, quizá debemos pensar que un acercamiento entre ellas es algo deseable, ya que se trata de dos ámbitos que tienen la necesidad de retroalimentarse otorgándose de forma reflexiva respuestas la una a la otra. Ello proporcionará a los docentes, estrategias para conocer mejor los procesos implicados en los aprendizajes de los alumnos, pudiendo así innovar y mejorar la metodología para cada caso en concreto.

A lo largo de las siguientes páginas, haremos un viaje entre dichas aguas, educación y neurociencia, abordando en todo momento los puentes existentes entre ambas que nos permitan conocer con la mayor exactitud posible, el funcionamiento cerebral de los alumnos, así como su aprendizaje. Partiendo de que éste, no es una actuación autónoma, sino que combina la predisposición del alumno y el ejercicio activo del docente, sólo así podemos afirmar que el aprendizaje es enseñanza.

En este sentido, lo primero que abordaremos será el desarrollo del sistema nervioso destacando la evolución del mismo desde el momento de la concepción hasta los primeros años de vida; continuaremos enfocando nuestra atención en las distintas áreas que se ven modificadas y en qué proporción, como consecuencia de la creación de redes neurales ejecutadas por la neuroplasticidad; haciendo una parada en tres procesos cognitivos superiores (atención, memoria y lenguaje) para concluir con un “debate-discusión” sobre dos conceptos “a priori” antagónicos como son la educación y ciencia, cuyo apartado llevará el título de educación y neurociencias.

Optar por la elección de esta temática se fundamenta en la importancia de la relación existente entre la plasticidad cerebral y los aprendizajes, y como estos tienen lugar gracias

a las modificaciones cerebrales pertinentes, la neuroplasticidad será la palabra clave de este estudio. En definitiva, adelantaremos que esta característica del sistema nervioso es el hilo conductor que permite entender la relación causa-efecto entre una respuesta cerebral y los procesos cognitivos que concurren en las personas.

Preguntémonos ahora si realmente tenemos respuestas a los siguientes interrogantes: ¿En qué medida está condicionado el ser humano por el ambiente que le rodea? ¿Los preprogramas genéticos son inmodificables? ¿Nuestro cerebro cambia a lo largo del ciclo vital? ¿Es cierto que existen “ventanas” del desarrollo que se cierran? Y si es así, ¿Cómo funcionan? ¿Utilizamos todas nuestras neuronas? ¿Las células madre cumplen una función dentro del aprendizaje? ¿Qué ocurre en el cerebro de un niño cuando aprende? ¿Cómo conseguimos que un aprendizaje sea significativo? ¿El sistema educativo es consciente de que pueden ser los “alfareros” de los hombres del mañana?

Este es el objeto de nuestro trabajo de grado, la causa y el impulso que nos ha llevado a buscar e investigar. Si no encontramos respuestas a estas preguntas a lo largo de estas páginas, seguro que la neurociencia nos podrá ofrecer soluciones en un breve periodo de tiempo. Mientras tanto, toda mente inquieta que quiera averiguar las claves que hoy en día se conocen, está invitada a descubrir la magia que supone enseñar teniendo herramientas para ello.

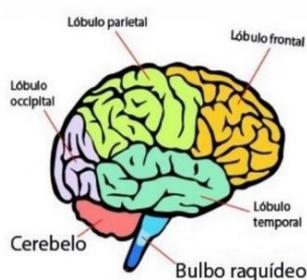
## 2. DESARROLLO ONTOGENÉTICO DEL SISTEMA NERVIOSO.

En el siguiente apartado explicaremos los principios organizativos que rigen el desarrollo del cerebro durante las primeras etapas de la vida del ser humano. Haremos referencia a los cambios estructurales y funcionales del sistema nervioso que tienen lugar tanto en la etapa prenatal como en los primeros pasos de la postnatal. Igualmente, resaltaremos la importancia de los genes y de la experiencia como factores claves para dicho desarrollo, haciendo una especial mención a los períodos sensibles o críticos que tienen lugar durante las primeras etapas del desarrollo.

Desde el punto de vista filogenético podemos establecer que el sistema nervioso de los seres humanos ha evolucionado para educar y ser educado (Blakemore y Frith, 2007), sin embargo, centraremos la atención en el **desarrollo ontogenético**, entendiendo por él un proceso complejo, dinámico y prolongado, que lleva a un organismo a crecer con unos

caracteres o rasgos particulares durante su ciclo vital (Bembibre Serrano y Triviño Mosquera, 2015).

El desarrollo del cerebro, por tanto, sigue unas directrices claves que permiten al ser humano la supervivencia y la adaptación adecuada en el entorno en el que se desenvuelve. Así, en primer lugar, se desarrollan las estructuras más profundas del encéfalo (las más antiguas por filogenia), después las estructuras sensoriales, motoras, de aprendizaje y emocionales y por último las áreas parietales y frontales (neocortex) (Bembibre Serrano y Triviño Mosquera, 2015) (Figura 1).



*Figura 1.* Regiones cerebrales principales (extraído y modificado de <https://psicologiaymente.net/neurociencias/partes-cerebro-humano#!>)

El desarrollo del sistema nervioso es una increíble construcción, diseñada de forma perfecta por los genes y la experiencia: los genes tienen especial implicación en la etapa prenatal, y la experiencia entra en juego junto con los anteriores una vez que el bebé ha nacido; de este modo, ambos se encargan de formar las redes neurales que darán lugar a las funciones cognitivas (Pascual Urzúa, 2013).

El cerebro humano adulto, está formado por billones de células nerviosas (neuronas) y células gliales. Las **neuronas** son las unidades anatómicas y funcionales del sistema nervioso central, que tienen la función de recepción, transmisión y síntesis de información, asimismo están recubiertas de mielina. Las neuronas tienen las siguientes partes: cuerpo celular o soma, núcleo, dendritas, axón (recubierto de mielina) y botones terminales) (González-Álvarez, 2013) (Figura 2).

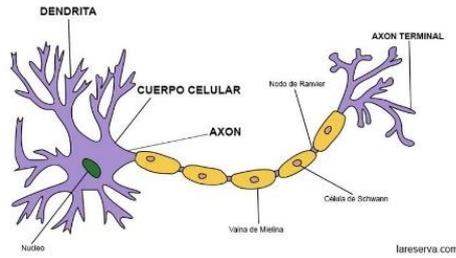


Figura 2: La neurona y sus partes (extraído de [http://www.lareserva.com/home/Cuales son las partes de una neurona](http://www.lareserva.com/home/Cuales%20son%20las%20partes%20de%20una%20neurona))

Las **células glía**, principalmente sirven de sostén a las neuronas, sin embargo, también destacan por su implicación en funciones nutricionales, en el refuerzo del proceso de mielinización, en procesos plásticos del cerebro y en la facilitación de la comunicación neuronal que detallaremos a lo largo de este documento (González-Álvarez, 2013 y Gruart i Massó, 2009). (Figura 3).

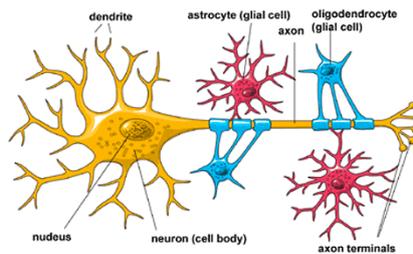


Figura 3: Las células nerviosas y las células glía (extraído de <http://biologoapuntos.nanster.es/2016/01/06/tema-2-neuronas-y-glia-iii/>)

Sin embargo, lo realmente importante no es la cantidad de neuronas ni de células glía con las que cuenta el cerebro humano, sino como están organizadas e interconectadas, de este modo cabe destacar que las neuronas se comunican entre sí mediante señales eléctricas o químicas en un proceso denominado **sinapsis** (González-Álvarez, 2013, y Basile, Bastos, Cagy, Cunha, Machado, Ribeiro, Silva, Piedade, Portella y Velasques, 2008). (Figura 4)

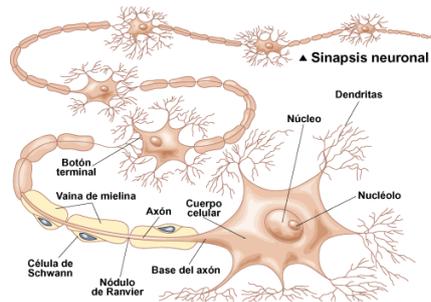


Figura 4: La sinapsis (extraído de <http://biologoapuntes.nanster.es/2016/01/06/tema-2-neuronas-y-glia-iii/>)

En relación con el **espacio intersináptico** que es la zona especializada en la que se transmite la información entre dos neuronas, pueden emitirse señales eléctricas o químicas en función de la presencia o no de **neurotransmisores** -biomolécula que se pasa de una neurona a otra consecutiva-. (González-Álvarez, 2013). (Figura 5).

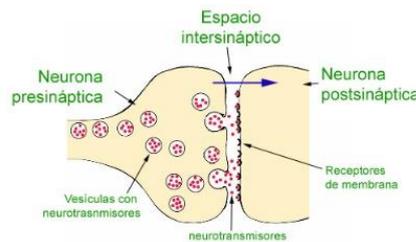


Figura 5: Espacio intersináptico entre neuronas (extraído de <http://www.efn.uncor.edu/departamentos/divbioeco/anatocom/Biologia/Los%20Sistemas/Nervioso/Sinapsis.htm>)

Todo este mecanismo sustenta al órgano más complejo de nuestro cuerpo: el **cerebro**. Pues como decíamos con anterioridad, es capaz de procesar información que proviene del entorno y de diseñar órdenes motoras perfectas en el momento oportuno, por ello es casi una obviedad que esté especialmente protegido de agresiones externas e internas; se encuentra rodeado por el **cráneo** y la **columna vertebral** que protegen al encéfalo y a la médula espinal, cuenta con el **líquido cefalorraquídeo** que le amortigua de posibles golpes, y además, el sistema nervioso está rodeado de **membranas y estructuras** que impiden o dificultan la entrada de sustancias tóxicas (Gruart y Massó, 2009 y Müller, 2014).

Bien, llegados a este punto, es necesario ahondar en el proceso evolutivo haciendo especial hincapié en las etapas prenatal y postnatal -diferenciadas didácticamente- hasta la perfecta formación del cerebro humano que recogíamos en los párrafos precedentes.

A partir del cigoto (unión del óvulo y del espermatozoide) y su característica subdivisión, tiene lugar una invaginación que da lugar a las tres capas del embrión: ectodermo, mesodermo y endodermo. El desarrollo del sistema nervioso comienza a partir de la **capa ectodérmica** -capa más externa- pues da lugar a la placa neural aproximadamente a los cuarenta días de gestación. Una vez que se forma la placa neural tiene lugar el tubo neural que se encuentra lleno de líquido; su extremo se divide en tres partes: prosencéfalo, mesencéfalo y rombencéfalo. La parte del prosencéfalo dará lugar al telencéfalo y al **diencéfalo**; el **mesencéfalo** se quedará formando la parte más alta del encéfalo terminado, y el rombencéfalo da lugar al metencéfalo y al mielencéfalo. Por su parte el telencéfalo dará lugar a los **hemisferios cerebrales**, el metencéfalo a la **protuberancia** y al **cerebelo** y el mielencéfalo al **bulbo raquídeo**. (Bembibre Serrano y Triviño Mosquera, 2015). (Figuras 6 y 7).

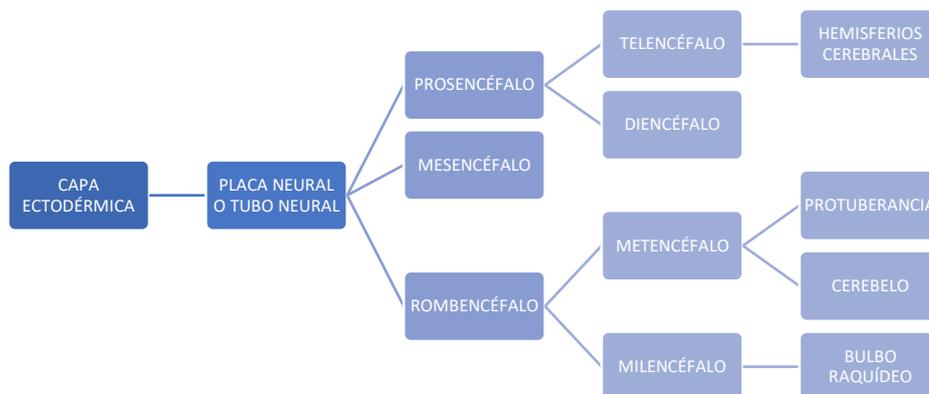


Figura 6. Desarrollo evolutivo a partir del ectodermo. (Elaboración propia).

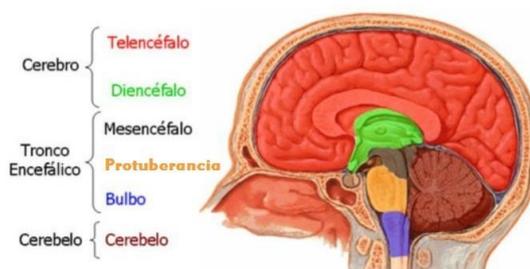


Figura 7: Primeros pasos del desarrollo del sistema nervioso y las regiones a las que darán lugar (extraído de <https://psicologiaymente.net/neurociencias/partes-cerebro-humano#!>)

Alcanzada la etapa fetal (a partir de la novena semana) el cerebro dejará de ser una estructura lisencefálica para pasar a tener sus características circunvoluciones y surcos. Sin embargo, es importante resaltar que durante la etapa embrionaria y fetal el desarrollo de nuestro sistema nervioso pasa por una serie de etapas (Bembibre Serrano y Triviño Mosquera, 2015 y Pascual Urzúa, 2013):

**-Inducción neural:** es cuando en la etapa prenatal, un segmento de la capa ectodérmica del embrión recibe la instrucción de transformarse en tubo neural (entre los días gestacionales catorce y diecinueve).

**-Neurogénesis y migración:** la neurogénesis comienza cuando se forma por completo el tubo neural (aproximadamente a los cuarenta días de gestación) y finaliza a las ocho semanas, así se inicia un intenso proceso de proliferación neuronal de doscientos cincuenta mil células por minuto. La migración neuronal, empieza con la aparición de las primeras células nerviosas las cuáles son guiadas por las glías hasta llegar a su destino, a partir de un patrón de adentro hacia afuera (las primeras dan lugar a capas más profundas y las últimas a las capas superficiales).

**-Diferenciación y maduración de las conexiones:** las neuronas se van diversificando y cambiando de forma en función del lugar donde vayan a ejercer sus funciones, asimismo comienzan a establecer conexiones con las neuronas que las rodean produciendo la arborización dendrítica.

**-Sinaptogénesis:** es la formación de conexiones sinápticas, se inicia a partir de la catorce o la dieciséis semana gestacional, pero se prolonga hasta doce o veinticuatro meses después del nacimiento (cuando pasamos de los dos años este proceso se ralentiza, pero no termina de forma definitiva lo que sustenta ciertos procesos plásticos del cerebro).

Centrando ahora la atención en la etapa postnatal hemos de destacar que el desarrollo del sistema nervioso continúa de forma activa (especialmente durante los primeros años de vida). Esto nos permite adaptar nuestros sistemas predeterminados en función de las demandas del ambiente y de la estimulación recibida gracias a múltiples mecanismos plásticos que se expondrán a lo largo del documento (Bembibre Serrano y Triviño Mosquera, 2015).

De este modo la sinaptogénesis también tiene lugar una vez que llegamos al mundo, como decíamos anteriormente, así a los pocos días de vida el número de conexiones cerebrales sigue aumentando a un ritmo vertiginoso, haciendo que la densidad sináptica cerebral aumente, tanto, que supera con mucho a los niveles de los adultos (Blakemore y Frith, 2007).

Sin embargo, en 1906 Viktor Hamburguer descubrió que un embrión de un pollo tenía muchas más conexiones que un pollo adulto. En aquellos tiempos esto supuso un hito fundamental, pues no podemos olvidar que se sostenía la falsa creencia que uno nacía y moría con el mismo cerebro.

Así, se averiguó que en el desarrollo del sistema nervioso tiene lugar un fenómeno de adaptación clave para el buen funcionamiento de toda la “maquinaria”, lo que hoy conocemos como **apoptosis o poda neuronal**; debido a que el cerebro durante la etapa embrionaria y durante los primeros años de vida crea mayores conexiones de las que vamos a necesitar, en un momento dado las conexiones que no han sido eficaces mueren. Es decir, aquellas neuronas y conexiones que no son eficaces para desenvolvernos en nuestro entorno habitual desaparecen.

No obstante, tenemos que hablar del proceso de **mielinización**, el cual comienza en la etapa prenatal a partir de la semana veinticuatro, pero se extiende hasta la juventud - siendo la fase más intensa los primeros meses después del nacimiento-. Gracias a la mielinización, las neuronas comienzan a cubrirse de una sustancia denominada mielina (de color blanco) que actúa como aislante y que acelera el movimiento de los impulsos eléctricos que recibe la neurona (Blakemore y Frith, 2007).

Volviendo a la idea de la apoptosis o poda neuronal, cabe pensar ¿qué factores entran en juego para que nuestro organismo decida qué conexiones han de sobrevivir y cuáles se han de eliminar? Fundamentalmente entran en juego los genes y la experiencia o estimulación del ambiente. Anteriormente resaltábamos que los genes tienen mayor influencia en la etapa prenatal, pues tal y como establece Pascual Urzúa (2013) las primeras etapas son muy estereotipadas y no dependen en absoluto de la experiencia; sin embargo, una vez que el ser humano nace no podemos negar que comienza a influir de manera determinante el ambiente donde se desarrolle.

Hasta hace muy poco tiempo, debido a las teorías innatistas lideradas, se creía que el desarrollo del sistema nervioso estaba especificado por los genes, en cambio, hoy en día y gracias a la psicología cognitiva hablamos de **epigenética**. Este término nos hace afirmar que la programación genética no basta para que se produzca el desarrollo normal del cerebro, ya que las experiencias ambientales son tan importantes como los genes (Blakemore y Frith, 2007).

De esta manera, entendemos por epigenética la influencia del ambiente en la expresión de los genes, haciendo de estos unos elementos probabilísticos y no determinantes en el ser vivo que los porta, es decir, el ambiente puede modificar el genoma, afectando a la expresión del fenotipo (Bembibre Serrano y Triviño Mosquera, 2015).

Por tanto, podemos afirmar que el ambiente donde se desarrolle un niño durante los primeros años de su vida va a determinar -junto con su programación genética- que su organismo elimine aquellos circuitos neuronales que no le sean funcionales o adaptativos a su entorno y deje intactos aquellos que funcionan y le son útiles.

Cuando comprendemos la importancia de que los bebés crezcan en un ambiente favorable y con una estimulación rica, podemos pensar que los niños que durante los primeros años de vida se encuentran en una situación de precariedad no pueden desarrollarse como los demás porque las conexiones neuronales no propiciadas por su entorno mueren. Sin embargo, a pesar de que es cierto que mantener a un bebé en una situación precaria es claramente perjudicial, existen investigaciones que demuestran que los niños que han vivido privaciones durante las primeras etapas, pueden recuperarse en gran medida con la atención y estimulación rehabilitadora (Blakemore y Frith, 2007)

A pesar de estas buenas premisas, no podemos negar un acontecimiento que tiene lugar en el desarrollo evolutivo de los humanos conocido como **periodos sensibles o periodos críticos**. Gracias a un experimento realizado por David Hubel y Torsten Wiesel en 1960, actualmente sabemos que tienen que producirse ciertas experiencias en determinada edad para que se desarrolle de manera óptima el cerebro. Dichos autores, llevaron a cabo una investigación con gatos; taparon un ojo a un grupo de gatos recién nacidos y a un grupo de gatos de edad avanzada, cuando se lo destaparon al pasar un tiempo, el primer grupo tenía un deterioro grave en las conexiones neuronales de dicho ojo, y los efectos adversos

del segundo grupo no eran comparables, ya que apenas encontraron menoscabos. Esto se interpretó de tal forma que se creía que los periodos eran inflexibles, que una vez finalizados no se podrían adquirir jamás determinadas facultades y el desarrollo del cerebro quedaría dañado (Blakemore y Frith, 2007).

Durante varias décadas se ha sostenido esta hipótesis, pero actualmente, la mayoría de los neurocientíficos creen que dichos periodos existen, pero que no cumplen las mismas características; no son rígidos, ni efímeros, sólo son momentos del desarrollo susceptibles a crear cambios en el desarrollo del cerebro en función de diversas experiencias. (Blakemore y Frith, 2007 y Hensch, 2016).

Además, gracias a Daphne Maurer y sus estudios de bebés con cataratas, hoy sabemos que es posible desarrollar capacidades incluso después del periodo sensible; Maurer establece que pueden ser ligeramente distintas porque se basan en otras estrategias y las sustentan otras vías cerebrales, pero que se pueden adquirir incluso pasado dicho periodo. Sus investigaciones, como decíamos, se centraban en el estudio de bebés que habían sido operados a los nueve meses tras sufrir desde el momento del nacimiento una privación visual causada por cataratas. Estos niños, después de la operación podrían aumentar su agudeza visual, sin embargo, a los nueve años su percepción de rostros estaba algo alterada, pues no los diferenciaban como el resto de sus iguales (Blakemore y Frith 2007).

Por tanto, podemos afirmar la existencia de periodos sensibles, pero tan sólo se han demostrado para el desarrollo visual, de la audición, del lenguaje y de varias formas de interacción social; así durante un tiempo en concreto los estímulos -enmarcados en dichas áreas- que le llegan al cerebro le sirven para crear y seleccionar conexiones neuronales que perduran hasta la vida adulta y la vejez (Blakemore y Frith 2007 y Hensch, 2016).

Una vez que partimos de la base de que los periodos sensibles están aceptados por los partidarios de la neurociencia, es hora de pensar ¿cuál es el principio y el final de estos periodos? Pues bien, se ha descubierto que el **neurotransmisor GABA** -abreviatura de ácido gamma-aminobútrico- desempeña un papel clave para la determinación del comienzo y el final de los periodos sensibles, ya que silencia la actividad neural. A pesar de que puede parecer extraño que la reducción de la actividad de un grupo de neuronas puede dar lugar a un momento tan importante del desarrollo, así es. El GABA -

biomolécula que se intercambia en los procesos de sinapsis química- declina la excitabilidad de las neuronas, y como durante los primeros meses de vida las células nerviosas se activan de forma excesiva (incluso en ocasiones sin ser útiles), cuando se libera dicho neurotransmisor permite al resto de neuronas emitir señales claras y concisas, es decir, pone orden en todo el proceso cerebral inicial (Hensch, 2016).

En definitiva, en este apartado se han diferenciado las etapas de formación de un cerebro humano, la existencia de las células neurales, sus partes, así como su actividad; estableciendo una comparativa entre la carga genética y la carga ambiental, así como la aptitud del cerebro para la adaptación a la realidad social que le rodea; sin perjuicio de la necesidad biológica de eliminar aquellas conexiones inútiles para garantizar el buen funcionamiento de nuestro sistema nervioso. De todo ello, inferimos sin grandes problemas que el cerebro humano no es estático e idéntico en la edad temprana a como terminará desarrollándose en la edad adulta; haciendo mención a las diferentes corrientes modernas que destruyen las creencias iniciales de que una vez finalizadas determinadas etapas sensibles era imposible el desarrollo algunas acciones neuronales, quedando demostrado la posibilidad de su adquisición mediante prácticas de refuerzo.

### 3.PLASTICIDAD CEREBRAL.

Ahora que partimos de unos conocimientos previos sobre el sistema nervioso, vamos a centrar la atención en las diferentes formas de plasticidad cerebral y su estrecha relación con los aprendizajes que llevamos a cabo en las primeras etapas, que serán el sustento de un correcto desarrollo cognitivo, emocional y de la personalidad del ser humano.

Tal y como avanzábamos en el apartado anterior, el desarrollo cerebral a pesar de estar influenciado por los genes, tiene una carga ambiental clave, por ello no cabe la menor duda de que el cerebro durante el desarrollo es dinámico y flexible; sin embargo, pensar que el cerebro es completamente plástico sería un error (Bembibre Serrano y Triviño Mosquera, 2015).

Llegando a un punto común, aceptamos que el desarrollo viene con una programación genética que se desencadena de una forma u otra dependiendo del ambiente donde participe el sujeto, así es innegable la existencia de un fenómeno denominado **plasticidad cerebral** o neuroplasticidad.

Este término fue introducido por William James, en 1890 para destacar la naturaleza modificable del ser humano; por su parte Santiago Ramón y Cajal en el mismo siglo, sugirió que tales modificaciones podrían tener un sustrato anatómico. A partir de este momento, se volvió a la creencia anterior de que el sistema nervioso era un proceso rígido e irreversible a lo largo de la vida; así fue clave la figura de Ernesto Lugaro, que en 1906 acuñaba de nuevo el término de plasticidad refiriéndose a que un impulso nervioso podía dejar una huella clara en una neurona (Garcés- Vieira y Suárez Escudero, 2014 y Nieto Sampedro, 2003).

Años más tarde, entre 1960 y 1970 se demostró que el nuevo paradigma científico estaba en lo cierto; por medio de estudios de ultra estructura sináptica -centrando la atención en el crecimiento de los axones y en las sinapsis- se admitió que el tejido nervioso es una estructura flexible, dinámica y plástica. Por tanto, en la actualidad se afirma que las redes neurales del sistema nervioso de los humanos permanecen plásticas durante el transcurso de su desarrollo ontogenético; dicha plasticidad se encuentra englobado bajo el término de plasticidad neural -haciendo referencia a las neuronas y a las células glía- y se encuentra plenamente aceptado (Garcés-Vieira y Suárez Escudero, 2014 y Nieto Sampedro, 2003).

Encontramos gran diversidad de definiciones para dicho término, por este motivo se detallarán algunas de las más relevantes; para Garcés-Vieira y Suárez Escudero (2014) la neuroplasticidad es una característica del sistema nervioso para modificarse en función de la formación de nuevas conexiones nerviosas respondiendo a la demanda del ambiente, así enmarcan el concepto como un proceso que representa la capacidad del sistema nervioso de cambiar su reactividad como resultado de sucesivas activaciones. Otros autores, la definen de forma más global, como es el caso de Blakemore y Frith (2007) y de García Estrada, Jáuregui Huerta, Luquín de Anda y Ramos Zúñiga (2013) que entienden por plasticidad la capacidad del sistema nervioso para adaptarse continuamente a circunstancias cambiantes. Sin embargo, todos los autores comparten como elemento común que la plasticidad cerebral sustenta todos los aprendizajes que puede llevar a cabo un ser humano, ya sea un idioma, una destreza, etc.

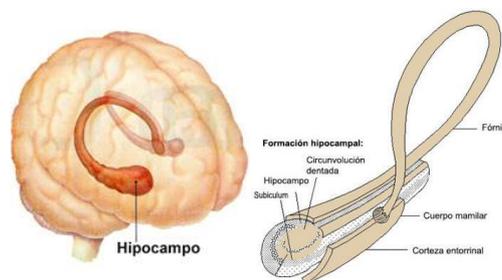
Podemos hablar de diversos mecanismos plásticos en el cerebro, que se detallarán a continuación:

### 3.1. Plasticidad celular: neurogénesis.

Como señalábamos con anterioridad, nuestro sistema nervioso está compuesto de células nerviosas denominadas neuronas y de células glía; durante la etapa prenatal, aproximadamente a los cuarenta días de gestación, se iniciaba un proceso de proliferación neuronal de doscientos cincuenta mil células por minuto (neurogénesis); sin embargo, hasta hace muy poco tiempo se ha sostenido que este proceso acababa en el momento del nacimiento, pues se creía que el cerebro era un órgano estático e inmodificable.

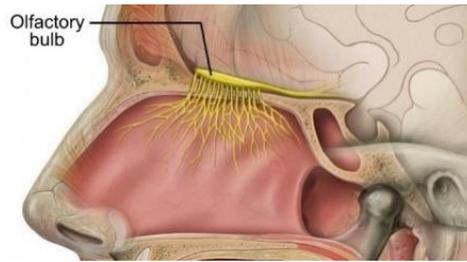
En 1960 comenzaron las dudas al respecto y en 1990 Petter Ericksson recabó pruebas asombrosas que hicieron tambalear los dogmas existentes; encontró nuevas células creadas en el cerebro humano después del nacimiento. Hoy en día sabemos que Ericksson estaba en lo cierto, en cambio, es necesario matizar que a pesar de que el cerebro continúe produciendo neuronas -de forma más intensa durante la infancia- lo hace en sitios cruciales para el adecuado funcionamiento cognitivo. (García Estrada, Jáuregui Huerta, Luquín de Anda y Ramos Zúñiga, 2013 y Kempermann, 2006).

La neurogénesis en la etapa postnatal tiene lugar principalmente en el hipocampo y en el bulbo olfatorio; el hipocampo es una estructura en forma de caballito de mar que se encuentra en el interior del lóbulo temporal medial. Se pueden distinguir tres zonas: la circunvolución dentada, el hipocampo propiamente dicho y el subículo. Por su parte, el bulbo olfatorio se localiza en el extremo anterior del sistema nervioso central -en la zona más cercana a los ojos del lóbulo frontal- y está implicado en los procesos de captación y procesamiento del olor. (García Estrada, Jáuregui Huerta, Luquín de Anda y Ramos Zúñiga, 2013 y Ripoll, 2013). (Figura 8 y Figura 9).



*Figura 8: Formación hipocampal y sus partes. (extraído de*

<https://downberri.org/2015/08/05/disfunciones-en-el-hipocampo-provocarian-las-deficiencias-en-el-aprendizaje-y-la-memoria-de-personas-con-sindrome-de-down/> y de <https://www.psicoactiva.com/blog/sistema-limbrico-anatomia-memoria-emociones/>).



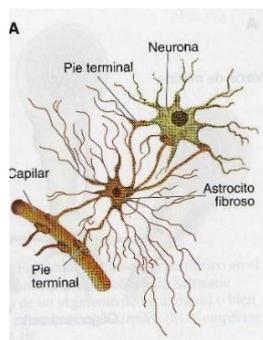
*Figura 9: Bulbo olfatorio (extraído de*

<https://psicologiaymente.net/neurociencias/bulbo-olfatorio> ).

Centrando la atención en el hipocampo -pues está íntimamente ligado a la memoria y al aprendizaje- es necesario resaltar que la neurogénesis se produce en gran medida en la zona subgranular de la circunvolución dentada. Sin embargo, el proceso de la creación de neuronas no solo involucra el nacimiento de una nueva célula nerviosa, sino que es un proceso largo que incluye supervivencia, diferenciación, migración e integración en un ambiente celular que ya cumple funciones específicas (García Estrada, Jáuregui Huerta, Luquín de Anda y Ramos Zúñiga, 2013 y Ripoll, 2013).

Cada nueva neurona tiene un gran reto por delante, pues tienen una carga añadida que implica poder integrarse en una red más madura, pues no son ni fisiológica ni morfológicamente como las que ya conforman la red, sin embargo, cuentan con una gran ventaja ya que son mucho más plásticas (García Estrada, Jáuregui Huerta, Luquín de Anda y Ramos Zúñiga, 2013)

La plasticidad celular de nuestro sistema nervioso no se limita a la creación de neuronas, sino que abarca también la aparición de las células gliales; tal y como señalábamos en el apartado anterior, dichas células no solo sirven de soporte para las neuronas, sino que además cumplen un papel activo en la plasticidad celular (tanto es así que en la formación de nuevas células la proporción entre neuronas y células glía es una frente a nueve). Aunque existen muchos tipos de células glía los más relevantes en términos de plasticidad, son los astrocitos (figura 10), ya que, al estar en continua interacción con las neuronas, en ocasiones liberan sustancias capaces de modificar la liberación de neurotransmisores e incluso participan en la eliminación de algunas sinapsis (García Estrada, Jáuregui Huerta, Luquín de Anda y Ramos Zúñiga, 2013).



*Figura 10: Un tipo de célula glía, el astrocito (extraído de <https://youcanalso.wordpress.com/tag/astrocito/>).*

Bien, ahora que conocemos que en nuestro cerebro no cesa la neurogénesis con el nacimiento, -cuenta con una plasticidad celular durante toda la vida- nos preguntamos ¿de dónde proceden estas células nuevas? ¿qué mecanismos están implicados en su formación?

En primer lugar, para poder dar respuesta a la pregunta que atañe la procedencia de las nuevas células, debemos remitirnos a las células madre. La fuente de renovación se encuentra intacta en la zona subgranular del hipocampo y en el bulbo olfatorio, es decir, allí residen los cuerpos celulares de las neuronas. Tras la división de estas células madre -crean más células nerviosas de las que serán necesarias-, las aún inmaduras se desarrollan hasta convertirse en células nerviosas adultas, a continuación, migran hacia donde pueden o no desempeñar futuras funciones, y se decide si se incorporan a la red neural ya creada o no, esta decisión se toma en base a los estímulos externos y las experiencias del sujeto con su ambiente, y, por último, las que no son funcionales para el sistema nervioso mueren (apoptosis) (García Estrada, Jáuregui Huerta, Luquín de Anda y Ramos Zúñiga, 2013, y Kempermann, 2006).

En esta línea, también es necesario resaltar una nueva corriente científica relacionada con la neurogénesis que viene de la mano de Sandrine Thuret. En 2015, se ha demostrado en el laboratorio de neurobiología del King's College de Londres, con un equipo dirigido por Thuret, que podemos favorecer la neurogénesis no sólo mediante estimulación intelectual, sino también a partir de nuestra alimentación y de la actividad corporal que realizamos. De aquí la importancia de la dieta equilibrada y de la actividad física como valores imprescindibles a transmitir a los niños desde las primeras etapas (Elbers, 2015).

Por último, es clave destacar qué implicaciones tiene la plasticidad celular para los aprendizajes que tienen lugar durante los primeros años de vida; no es difícil inferir la incidencia de la neurogénesis en la memoria y consecutivamente en los aprendizajes, partiendo de la base de que uno de los lugares privilegiados en los que se produce dicha formación nueva de neuronas sea el hipocampo. Como decíamos, el hipocampo está relacionado con los procesos de memorización, pues representa la puerta de entrada a nuestra central de memoria, así, es el encargado de ordenar la información almacenada y que seamos capaces de ponerlo en marcha cuando lo necesitamos. Sin embargo, todo este mecanismo es bidireccional, es decir, los aprendizajes se basan -en parte- en el proceso de la neurogénesis, pero a medida que necesitamos aprender y memorizar, nuestras células madre crean más células para hacer más eficaz dicho proceso de aprendizaje. Además, se ha comprobado, que las neuronas recientes afectan más a los fenómenos de recuperación de recuerdos y de secuencias -a la puesta en marcha de los aprendizajes- con lo que ayudarían a crear memoria nueva. (García Estrada, Jáuregui Huerta, Luquín de Anda y Ramos Zúñiga, 2013 y Skaggs, 2016).

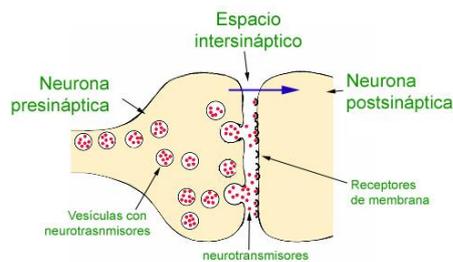
### 3.2. Plasticidad sináptica: sinaptogénesis.

Hasta ahora sabemos que el cerebro humano contiene más de diez mil millones de neuronas, y que además nunca dejamos de producirlas con la debida estimulación intelectual y corporal -incluso alimenticia-, sin embargo, también hemos mencionado que esto solo es una parte de la base de los aprendizajes y de la plasticidad cerebral, no podemos olvidarnos de que lo verdaderamente crucial es cómo esas neuronas se conectan entre sí, es decir, cómo se comunican transmitiéndose información, pues de nada valdría contar con vertiginoso número de células nerviosas, si no pueden unirse para crear las redes neurales. Por ello ahora, debemos ahondar en las conexiones que dan lugar las neuronas, pues en gran medida la plasticidad del sistema nervioso es **plasticidad sináptica**, esto quiere decir que están implicados la modificación del tipo, forma, número y función de las sinapsis. (Nieto Sampedro, 2003).

De este modo tal y como detallábamos en el desarrollo del sistema nervioso, el proceso de **sinaptogénesis** -creación de nuevas sinapsis- no termina en la etapa prenatal, sino que se extiende de forma considerada durante todo el ciclo vital -de forma más evidente en

los primeros años de vida- lo que sustenta las bases de la plasticidad sináptica característica del cerebro humano.

También hablábamos de la sinapsis, que es el elemento anatómico-funcional que posibilita la comunicación entre neuronas; a estas zonas de contacto según Ramón y Cajal, las bautizó Sherrington (1932) con el nombre por el que ahora las conocemos, que significa “broche”. En toda sinapsis, entran en juego dos elementos claves, la membrana presináptica y la membrana postsináptica (figura 11); además, podemos resaltar que encontramos dos tipos de comunicación: eléctrica y química. La primera funciona sin los neurotransmisores, se transmite la información por a la continuidad eléctrica -gracias a la presencia de ciertas proteínas- entre la célula presináptica y la célula postsináptica; el segundo tipo de sinapsis tiene lugar cuando la membrana presináptica -invadida por un potencial de acción- libera ciertos neurotransmisores en el espacio intersináptico, y la membrana postsináptica los recibe (Lerna, 2005).



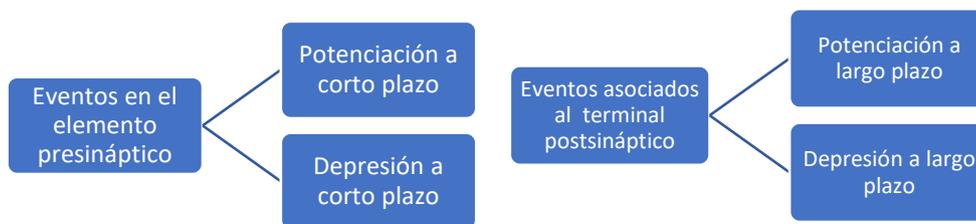
*Figura 11:* Neurona presináptica y postsináptica (extraído de

<http://www.efn.uncor.edu/departamentos/divbioeco/anatocom/Biologia/Los%20Sistemas/Nervioso/Sinapsis.htm>)

Clark Sepeidel en 1941, sugirió que, durante las primeras etapas del desarrollo del sistema nervioso, las sinapsis eran unas estructuras dinámicas, hoy setenta y seis años después sabemos gracias a la neurociencia, que una renovación de una red neural puede implicar una ruptura en los contactos ya existentes y la sustitución por otros nuevos más eficaces (sinaptogénesis reactiva) e incluso que una sinapsis individual puede desaparecer sin ser reemplazada o que se puede formar una nueva conexión donde antes no existía. La sinaptogénesis más común de la etapa postnatal, es la denominada sinaptogénesis reactiva en la que ocurren tres fases: desconexión de las sinapsis existentes- apoptosis las de conexiones-, formación de nuevos contactos sinápticos -crecimiento de axones y

dendritas y diferenciación de las estructuras como las de las sinapsis maduras-, y maduración de las nuevas redes (en cada uno de estos pasos la glía interviene de forma activa) (Hensch 2016 y Nieto Sampedro, 2003).

Ahora bien, podemos encontrar diferentes tipos de sinapsis en función del tiempo en que se presentan los estímulos en una neurona: la sinapsis a corto plazo que dura desde segundos hasta minutos y se produce en el elemento presináptico, y la sinapsis a largo plazo que implica cambios durante horas o incluso permanentes y se presentan en el elemento postsináptico. En este sentido, encontramos dos eventos claves que tienen lugar tanto en la membrana presináptica como en la postsináptica: procesos de potenciación y depresión (García Estrada, Jáuregui Huerta, Luquín de Anda y Ramos Zúñiga, 2013 y Skaggs, 2016). (Figura 12).



*Figura 12: Fenómenos asociados a los elementos pre y postsinápticos  
(Elaboración propia)*

Los fenómenos plásticos ocurridos en el terminal presináptico a corto plazo implican que, en función de la liberación de los neurotransmisores por la membrana presináptica, los potenciales postsinápticos pueden aumentar o disminuir. Si se trata de una potenciación a corto plazo encontramos un incremento de la fuerza sináptica y si encontramos una disminución de la fuerza, se denomina depresión a corto plazo (García Estrada, Jáuregui Huerta, Luquín de Anda y Ramos Zúñiga, 2013 y Skaggs, 2016).

Sin embargo, vamos a hacer mayor hincapié en los eventos asociados a los elementos postsinápticos, pues son de gran relevancia ya que permiten que tengan lugar los aprendizajes y están íntimamente relacionados con la memoria. Por su parte la potenciación a largo plazo implica un aumento en la eficacia sináptica después de una exposición repetida de alta frecuencia; y la depresión a largo plazo hace que tenga lugar un decremento la eficacia sináptica, ambos pueden durar horas, días o pueden hacerse

permanentes (García Estrada, Jáuregui Huerta, Luquín de Anda y Ramos Zúñiga, 2013 y Skaggs, 2016)

En otras palabras, cuando nuestro cerebro está sometido a una constante estimulación, hace que sus sinapsis se modifiquen, así cuando esta estimulación es repetida y prolongada hace que unas determinadas redes neurales hagan sinapsis reiteradas veces, por ello ocurre la potenciación a largo plazo, es decir, la comunicación se hace eficiente y se refuerza de tal modo que se queda “grabado” durante un largo periodo de tiempo. Sin embargo, cabe pensar ¿para qué necesitamos que nuestro cerebro debilite unas sinapsis para que tengan lugar los aprendizajes? Incluso suena contradictorio, pero así es. Ya hemos señalado la función adaptativa de nuestro cerebro, de tal modo que cuando un sujeto está estimulando unas redes neurales de forma más reiterativa que otras, lo que hace es debilitar las que no han sido tan excitadas con el fin de trabajar más rápido y con aquellas redes que nos son funcionales para desenvolvernos en nuestro entorno, lo podríamos comparar con el proceso de apoptosis pero, en este caso no llegan a morirse dichas conexiones, sólo se debilitan con el fin de que el cerebro realice su cometido de una forma más eficaz. En consecuencia, a lo ya expuesto podemos concluir que ambos procesos (potenciación y depresión) son imprescindibles para los aprendizajes del ser humano.

### 3.3. Otras formas de plasticidad cerebral.

Los dos fenómenos anteriores, tanto la plasticidad celular como la sináptica, están relacionados con la plasticidad natural ligada al desarrollo evolutivo normal, esto quiere decir que a pesar de que la plasticidad cerebral se rige por los cambios susceptibles en sus neuronas y sus conexiones, también varía en función de los **periodos críticos o sensibles** (Bembibre Serrano y Triviño Mosquera, 2015 y Hensch, 2016).

Los periodos sensibles comienzan en momentos precisos de la infancia con el fin de modificar las conexiones neuronales, ya que como hemos señalado con anterioridad, el inicio de dichos periodos tenía lugar cuando las células nerviosas liberaban un neurotransmisor denominado GABA que inhibía la excesiva activación cerebral. De este modo, durante cada periodo se generan y se consolidan ciertas sinapsis mientras que otras mueren (apoptosis) por su falta de funcionalidad. En concreto, encontramos mayor plasticidad para modificar conexiones sensoriomotoras durante los dos primeros años de

vida, para el lenguaje entre el primer y quinto año y las funciones ejecutivas se desarrollan de forma crítica entre los cinco y los ocho años. De esta manera, hablar de periodos sensibles es otra forma de referirnos a la plasticidad, puesto que en dichos momentos el cerebro es aún más plástico permitiendo una mayor creación de redes neurales, pero a la vez dificultando la creación de esas redes en un futuro cuando no hayan sido estimuladas y creadas en dichos periodos.

Por último, es necesario resaltar que cuando un sujeto se encuentra expuesto a un entorno enriquecido, aumenta el número de neuronas y células gliales (neurogénesis), la longitud de sus dendritas, y la densidad, el tamaño y el número de las sinapsis (sinaptogénesis), lo cual hará que el procesamiento cerebral general sea más efectivo, funcional y adaptado al entorno (Bembibre Serrano y Triviño Mosquera, 2015).

Además, según Shatz (1992) podemos hablar de **plasticidad cerebral aludiendo al desarrollo psicológico** de los individuos, de esta forma se diferencian tres tipos de plasticidad:

-Plasticidad independiente de la experiencia: aquellos cambios en el cerebro que no se producen como resultado de la interacción del sujeto con su ambiente, es decir, cuando el cerebro se modifica a sí mismo de forma espontánea.

-Plasticidad expectante de la experiencia: cuando el cerebro cambia su estructura en función de las entradas que le llegan desde el exterior; relacionado con los periodos sensibles, en los cuales el cerebro necesita de la experiencia para poder realizar las conexiones adecuadas o sino quedaría posiblemente mermado.

-Plasticidad dependiente de la experiencia: aunque el cerebro en ocasiones no necesite de la experiencia para desarrollarse, ésta influye de manera determinante. Un buen ejemplo para entenderlo sería aquella plasticidad que tiene lugar cuando ocurre un aprendizaje (como tocar un instrumento), éste hace que el cerebro cambie fisiológica y morfológicamente, pero si no se hubiera producido dicho aprendizaje nuestro cerebro podría desarrollarse sin problemas ni menoscabos.

Por último, es necesario destacar que también se habla de plasticidad cerebral, para aludir a los mecanismos que se ponen en marcha **cuando tiene lugar una lesión cerebral**,

esta sería la capacidad de nuestro cerebro para **reorganizarse y recuperarse** -con programas específicos rehabilitación neuropsicológica- después de haber sufrido cualquier daño cerebral (León Carrión, 2010).

Con el fin de sintetizar todo este apartado, pero sin obviar que es el punto neurálgico de todo el documento, podemos afirmar que con independencia de la terminología, la diferenciación de fases o el reconocimiento de una mayor o menor implicación del elemento ambiental (alimentación, actividad física, entorno en el que se desarrolle el sujeto) todos y cada uno de los autores desembocan en el mismo punto común; la plasticidad cerebral es el proceso clave e insustituible para el aprendizaje humano, un ejemplo gráfico que denota esta importancia es que aprendizajes admitidos por la sociedad como banales o sin importancia, que posteriormente son el eje de nuestra interacción con nuestros similares, como el reconocimiento y diferenciación del rostro de nuestra madre, serían absolutamente imposibles sin los mecanismos neuronales que configuran la plasticidad cerebral.

#### 4-PROCESOS COGNITIVOS SUPERIORES.

En este apartado pretendemos explicar la relación entre la neuroplasticidad y los procesos cognitivos tales como: la atención, la memoria y el lenguaje; para ello, nos moveremos en dos ámbitos de conocimiento diferentes, el neuropsicológico y el cognitivo, indicando su funcionamiento en las primeras etapas de la vida, así como diferenciando las áreas cerebrales que se activan en cada uno de ellos. Para ello nos haremos valer del modelo neuropsicológico explicativo de Luria (1979) a través del cual explica cómo funciona el cerebro haciendo referencia a los procesos psicológicos superiores. El modelo de Luria tiene su punto de partida en la idea de que los procesos psicológicos humanos son sistemas funcionales complejos que tienen lugar por la participación de diferentes áreas cerebrales. Este neuropsicólogo y médico ruso, diferenciaba tres estructuras o unidades funcionales: la primera para regular el tono la vigilia y los estados mentales (la relacionaremos con la atención), la segunda para recibir, analizar y almacenar información (la relacionaremos con la memoria) y la tercera para programar, regular y verificar la actividad (la relacionaremos con el lenguaje). Además, podemos destacar que Luria afirmaba la existencia de tres áreas dentro de cada una de estas unidades funcionales, las áreas primarias o analíticas (reciben estímulos), las

secundarias o asociativas (reciben información y la asocian) y las terciarias o de integración (específicamente humanas, responsables de actividades superiores complejas que dan lugar a los aprendizajes).

#### 4.1. La atención.

La atención podemos definirla como un mecanismo esencial -y limitado- de selección de la información del entorno que nos rodea; en palabras de William James (1890) poner atención a un estímulo significa dejar ciertas cosas, para poder tratar de forma eficaz a otras. Así deducimos que la atención es la base de nuestra conducta organizada, direccional y selectiva (Checa Fernández y Chica Martínez, 2013).

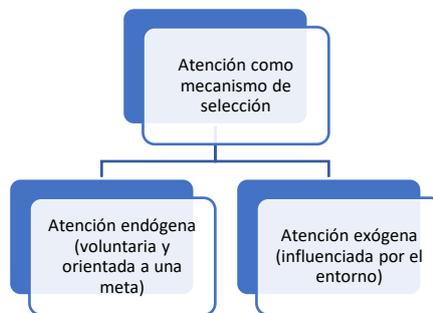
En este sentido, se han estudiado varios procesos que están implicados en la atención: mantenimiento de los estados de alerta, la selección de la información y el control de la misma (Checa Fernández y Chica Martínez, 2013).

En primer lugar, para conocer **los estados de alerta** hemos de resaltar que se encuentran íntimamente ligados con la **primera unidad funcional** de Luria (1979) **para regular el tono, la vigilia y los estados mentales**. Esta unidad se encarga de mantener un tono cortical (arousal) óptimo, es decir, es el encargado de activar nuestro cerebro y de mantenernos en un estado de vigilia para que podamos poner en marcha cualquier proceso mental. Ahora bien ¿quién es el encargado de “despertar” a nuestro cerebro? Debemos remontarnos al año 1949 para conocer la respuesta, pues es cuando dos investigadores, Magoun y Maruzzi, demostraron la existencia de una formación nerviosa, denominada formación reticular, que, modificando sus niveles y modulando los ritmos circadianos (vigilia-sueño), poco a poco altera el estado total del sistema nervioso haciendo que se active. Este sistema puede verse afectado en función del cansancio, de la motivación, y sobre todo por la función autorregulatoria que ejerce nuestro lenguaje para activarnos. (Figura 13).



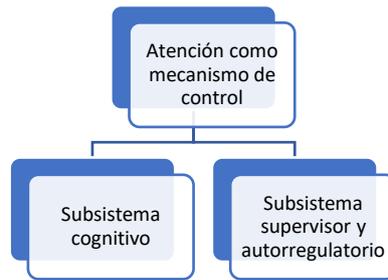
*Figura 13: Esquema conceptual del primer subsistema de la atención: Mecanismo de alerta (elaboración propia).*

En segundo lugar, **el proceso de selección de la información** es el que nos ayuda a escoger la información significativa del entorno; puede subdividirse en atención exógena y atención endógena, la primera es involuntaria pues está guiada por una estimulación externa y la segunda es la atención voluntaria, para la cual necesitamos inhibir estímulos irrelevantes y orientarla hacia alguna meta o hacia algún fin. Para comprender la actuación de ambas, podemos ilustrarlo con un ejemplo, suponemos que entramos en el hospital veterinario con nuestra mascota, parece que lo más obvio es que prestemos atención voluntaria a la persona que ejerce funciones de recepción, pero si de repente un mastín ladra de forma estrepitosa, nuestra atención involuntaria se dirigirá hacia el can sin poder evitarlo. De esta manera, podemos comprender la influencia de los agentes externos frente a nuestro propio control atencional. (Figura 14).



*Figura 14: Esquema conceptual del segundo subsistema de la atención: Mecanismo de selección (elaboración propia).*

Por último, en relación con los **mecanismos de control de la atención**, sería conveniente resaltar que hacen posible que podamos dirigir nuestro comportamiento hacia una meta, procesando información novedosa y ofreciendo una respuesta apropiada para cada situación, es decir, es el mecanismo que nos permite sostener la atención hacia un estímulo bajo una tarea de gran esfuerzo por parte del sujeto. Norman y Shallice en 1980 afirmaron la existencia de dos mecanismos que sustentaban el control de la atención, un subsistema cognitivo en el que se produce una “competición” entre los diferentes esquemas para controlar las acciones (manteniéndose aquel que se muestre más activo, hasta la consecución de la meta), y un sistema atencional supervisor y autorregulatorio que inhibe la estimulación no relevante, interviene en la toma de decisiones, corrige posibles errores, y controla el tiempo de la atención. (Figura 15).



*Figura 15: Esquema conceptual del tercer subsistema de la atención: Mecanismo de control (elaboración propia).*

Una vez que conocemos qué es la atención y los procesos implicados en ella, pasaremos a describir cómo se desarrolla y cómo es su evolución durante los primeros años de vida, para poder explicar el papel que juega la neuroplasticidad en el desarrollo de dicho proceso.

Como sabemos nuestro desarrollo y maduración cerebral se rigen por un orden en respuesta a preprogramas biológicos, y unas pautas concretas, así sigue un eje posteroanterior, es decir, maduran primero las áreas posteriores (lóbulo occipital) y por último las anteriores (lóbulo frontal). Partiendo de la base de que la corteza prefrontal es primordial para la atención, inferimos que durante las primeas etapas los bebés no son especialmente competentes en dichas tareas -pues la corteza frontal no alcanza su plenitud funcional hasta la juventud-; en realidad los bebés tienen dificultades para tareas de inhibición, de forma que no pueden dejar de prestar atención (Gopnik, 2012 y Herbillon, 2016). A pesar de ello, sabemos que los recién nacidos disponen de un programa biológico que les hace poseer preferencias atencionales, es decir, les sesga la atención hacía estímulos visuales y auditivos, de este modo, aunque no tengan gran dominio sobre su atención, desde el momento del nacimiento se dirigirán en mayor medida a este tipo de estímulos (Checa Fernández y Chica Martínez, 2013).

Tomando en consideración, de nuevo, los tres mecanismos de la atención -de alerta, de selección y de control- es clave que resaltemos que los bebés nacen con un mecanismo de alerta completamente funcional, pues es un mecanismo que se encuentra ligado a la supervivencia; poco a poco y gracias a que nacemos con unas preferencias atencionales, como citábamos anteriormente, la atención comienza a ser selectiva y voluntaria, sin embargo el control de la atención y la inhibición de estímulos irrelevantes es una conducta

objeto de ser aprendida. Es decir, los primeros pasos del **desarrollo de la atención** están estrechamente vinculados a la maduración cerebral del niño, en cambio la atención autorregulatoria, además, debe ser guiada desde el medio social. En este sentido debemos remitirnos a Vygotsky y a su teoría de la doble formación (1979) en la cual establecía que las funciones psicológicas superiores, como es el caso de la atención, tenían lugar dos veces en el desarrollo del niño, primero en interacción social (interpsicológica) y en segundo lugar de forma interiorizada (intrapsicológica). Pues así es, en el caso de la atención es necesario que primero sean los adultos los que la guíen a través de diferentes herramientas como el lenguaje o estímulos visuales, para que después cada individuo - mediante sus propias estrategias interiorizadas- pueda comenzar a inhibir estímulos poco relevantes y sostener la atención hacia una meta (Checa Fernández y Chica Martínez, 2013 y Herbillon, 2016).

Bien, ahora podemos preguntarnos ¿qué papel juega la neuroplasticidad en el desarrollo de la atención? Pues a pesar de que la cuestión no parece obvia, si pensamos en la idea de que la mediación social, es la que posibilita que el individuo después pueda tener un control de su propia atención, cabe pensar que dicha regulación social incide en el individuo porque la plasticidad de su cerebro lo permite. En otras palabras, gracias a la plasticidad del cerebro durante las primeras etapas, factores ambientales como la regulación social, son capaces de crear y/o modificar esquemas neuronales del cerebro en desarrollo, para que los individuos puedan después, controlar su atención. En definitiva, la mediación social es viable gracias a la plasticidad cerebral (Kempermann, 2006)

Por último, después de todo lo expuesto no podemos obviar la importancia de **los maestros** para que un proceso psicológico superior como es la atención, se desarrolle de forma eficaz reflejando y potenciando la maduración cerebral que contempla su máximo esplendor, por ello debemos conocer diferentes estrategias que favorezcan el control ejecutivo de la atención, como por ejemplo la motivación, el establecimiento de normas y rutinas, así como nuestra regulación externa con el lenguaje o estímulos visuales, para que después sean ellos quienes puedan tomar las riendas de su propia atención. Es tal la relevancia, que encontramos diversos programas o proyectos que ya se están llevando a cabo en las escuelas con el fin de mejorar el dominio de la atención entre los escolares (proyecto “Atención en la Escuela” de Jean-Phillippe Lachaux, 2014).

#### 4.2. La memoria.

El mecanismo a través del cual el ser humano puede codificar, almacenar y recuperar conocimientos, es lo que conocemos como **memoria**. Es un concepto que se encuentra completamente ligado a los aprendizajes, ya que todo lo que es aprendido, lo es porque está almacenado en la memoria y disponible para su recuperación en el momento preciso (Adrover-Roig, Miranda García, Muñoz Marrón y Sánchez Cubillo, 2013 y Basile, et al. 2008).

Están descritos diferentes subsistemas de memoria: en función de su ubicación puede ser dependiente o no del hipocampo, y atendiendo a parámetros de temporalidad, puede ser inmediata, a corto plazo (memoria de trabajo) y a largo plazo. Por un lado, la memoria a corto plazo se divide en verbal o visual, y por otro la memoria a largo plazo desemboca en dos modalidades: memoria explícita (declarativa) o memoria procedimental (no declarativa) (Adrover-Roig, Miranda García, Muñoz Marrón y Sánchez Cubillo, 2013). A continuación, explicaremos los diferentes tipos de memoria en función de la temporalidad, precisando si son dependientes o no del hipocampo.

En primer lugar, la memoria **inmediata**, también denominada sensorial o perceptiva, es aquella que nos sirve para recabar información del medio que nos rodea; **la memoria a corto plazo** o memoria de trabajo comienza a desarrollarse en el primer año de vida, y nos permite guardar y manipular información de forma temporal, se puede subdividir en visual y verbal, ya que podemos trabajar con aferencias visuales o verbales. Y por su parte, **la memoria a largo plazo** -la más ligada a los aprendizajes- puede ser declarativa o procedimental. La memoria declarativa a su vez se distingue en episódica (recordamos sucesos o episodios de nuestra vida), espacial (recordamos diferentes rutas) o semántica (almacenamos nombres, números, fechas y hechos); y la memoria procedimental puede ser por condicionamiento (cuando asociamos un estímulo a una respuesta) o procedimental propiamente dicha (almacenamos destrezas como montar en bicicleta o atarnos los cordones) (Blakemore y Frith, 2007). (Figura 16)

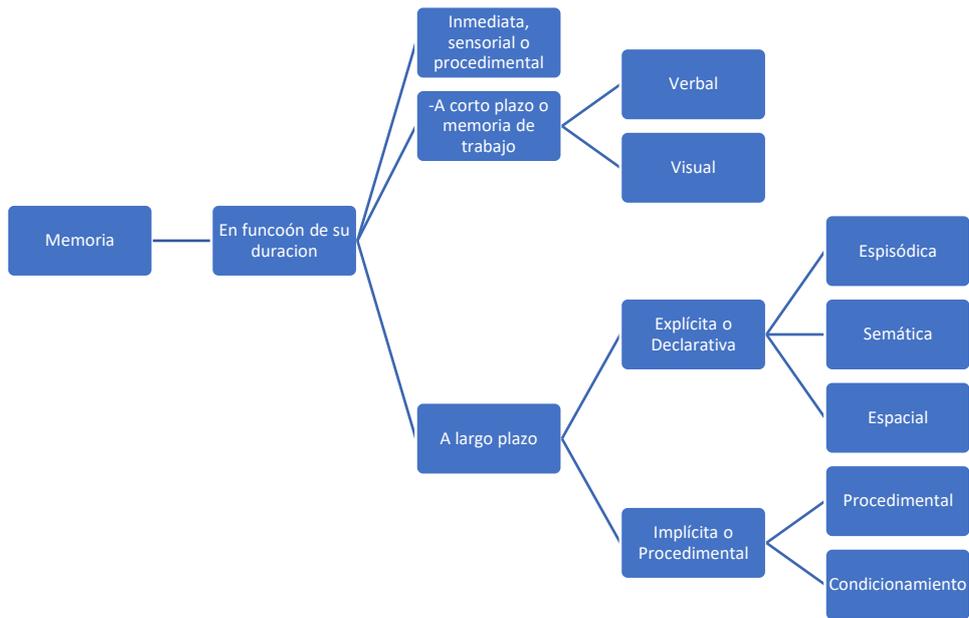


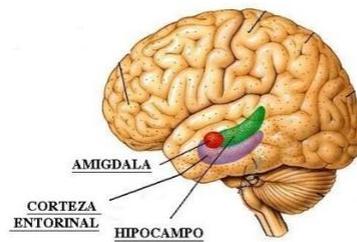
Figura 16: Subsistemas de la memoria (elaboración propia).

Centrando la atención en la memoria a largo plazo, la memoria explícita o declarativa puede adquirirse rápidamente pero tiene el inconveniente de que también se puede olvidar con facilidad, por ello sabemos que este tipo de memoria no provoca cambios importantes en las redes neurales; en cambio, la memoria implícita o procedimental se recupera de manera inconsciente y requiere cambios duraderos en las conexiones neuronales, así implica mayor práctica y esfuerzo por parte del sujeto, pues dan lugar a los aprendizajes de larga duración (Blakemore y Frith, 2007).

Este tipo de memoria, depende del desarrollo y la maduración cerebral, pues tal y como hemos explicado en párrafos precedentes, la corteza frontal se sigue perfeccionando a lo largo de los primeros años de vida, así los niños tienen dificultades para tareas de rememoración de sucesos y de puesta en marcha de destrezas. En este sentido, conocemos un fenómeno que se denomina **amnesia infantil** -completamente normal en el desarrollo evolutivo- que aproximadamente se alarga hasta los tres años de edad, cuando comienzan a recordar de manera eficaz episodios específicos e incluso cómo se produjeron (Blakemore y Frith, 2007).

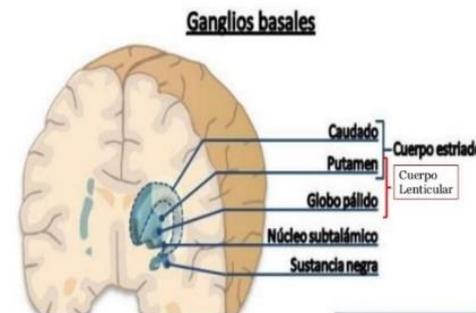
A pesar de que no conocemos en su totalidad, las áreas cerebrales implicadas en la puesta en marcha de la memoria, y de que a lo largo de la historia ha habido diversas creencias existentes sobre si la memoria se almacenaba en un solo área o no, hoy sabemos

que se necesitan varias áreas y estructuras cerebrales corticales y subcorticales, para almacenar y recuperar la información a corto y a largo plazo. Una de las áreas más importantes es el **hipocampo**, que como señalábamos en el apartado anterior, es la sede de nuestra central de memoria, sin embargo, también entran en juego, en la memoria explícita o declarativa, la corteza entorrinal y la amígdala (relacionada con las emociones) (figura 17); y para la memoria procedimental tienen mayor implicación los ganglios basales y el cerebelo por su participación motora (figura 18) (Basile et al. 2008).



*Figura 17: Amígdala, Corteza Entorrinal e Hipocampo. Áreas cerebrales implicadas en la memoria declarativa (Extraído de:*

<http://enfermedadealzheimer.blogspot.com.es/p/cuales-son-las-funciones-realizadas-por.html> )



*Figura 18: Ganglios basales; estructura que interviene en la memoria procedimental junto con el cerebelo (extraído de :<https://es.slideshare.net/johnnathanmolina/cerebelo-y-ganglios-basales-en-el-control-motor-fisiologa-de-guyton-dr-johnnathan-molina>).*

Ahora que conocemos las bases cerebrales de la memoria y sus diferentes sistemas, podemos retomar ciertas pinceladas que se establecieron en el apartado ya expuesto de plasticidad, pues la memoria se encuentra ligada a ésta de forma evidente. En primer lugar, con la **neurogénesis**, tal y como decíamos, una vez que nacemos, la formación de neuronas no cesa en el hipocampo, por ello si el cerebro necesita almacenar información

recurre a las neuronas nuevas que facilitan el proceso de recuperación de recuerdos. Así, Fred H. Gage, en 2006 explicaba este proceso afirmando que el cerebro asigna una nueva neurona a cada recuerdo en concreto -ubicada en el hipocampo- esta neurona se conecta con otras asociadas al mismo en diferentes zonas de la corteza, de este modo no habría interferencias entre ellos, pues siempre existirá una neurona única en el hipocampo para cada recuerdo, además deja patente la implicación de diversas áreas cerebrales para la memoria (Kempermann, 2006).

Pero, la memoria también se encuentra ligada a la plasticidad por el proceso de **potenciación a largo plazo** que igualmente describíamos con anterioridad, recordemos que se trataba de un fenómeno mediante el cual una determinada red neural se volvía más eficiente al estar expuesto a un estímulo de forma repetida, pues bien cuando una sinapsis se refuerza y tiene lugar el proceso de potenciación a largo plazo se produce la posibilidad de almacenar información, es decir, se origina el correcto almacenamiento del estímulo gracias a la eficacia de esa red (García Estrada, Jáuregui Huerta, Luquín de Anda y Ramos Zúñiga, 2013 y Kempermann, 2006).

En el modelo funcional de Luria (1979), la memoria se regularía a través de la **segunda unidad para recibir, analizar y almacenar información**, pues gracias a las áreas terciarias de dicha unidad, denominadas de integración -específicamente humanas- podemos almacenar información e integrarla con un orden lógico, por tanto, dan sustento asimismo a que tengan lugar los aprendizajes.

En este sentido, ahora que hemos establecido las bases de los mecanismos de la atención y la memoria, conviene establecer la relación intrínseca que guardan, cuando nuestro cerebro se activa y alcanza un tono cortical o arousal óptimo, la información a la que estamos atendiendo se va almacenando en la memoria de trabajo, pero como sabemos que esta, es muy limitada y se olvida rápidamente, solo cuando nuestra atención es selectiva y sostenida (control ejecutivo) somos capaces de pasar la información de la memoria a corto plazo a la memoria a largo plazo, así tienen lugar los aprendizajes significativos pues es cuando verdaderamente nos apropiamos de la información (Adrover-Roig, Miranda García, Muñoz Marrón y Sánchez Cubillo, 2013).

Por último, es necesario repensar todo este conocimiento en términos educativos; es realmente interesante que **los maestros** conozcamos qué procesos posibilitan el fenómeno de memorización. Pues sólo de esta manera, se puede comprender que los aprendizajes significativos -que difícilmente se pueden olvidar- tienen lugar gracias a una eficacia en la red sináptica por la potenciación a largo plazo; o cómo nuestro cerebro puede seguir almacenando recuerdos gracias a la formación nueva de neuronas. A su vez, se podrán tomar las medidas oportunas -bajo conocimiento científico, desde luego- para desarrollar diferentes estrategias en el aula, como la motivación, dar sentido a todo lo que acontece, asociar contenidos a la realidad de los niños, recapitular e incidir en la información relevante, ofrecer ayudas y regular su atención, etc. para que la enseñanza active el funcionamiento de todas las formas de memoria y puedan tener lugar dichos aprendizajes significativos (Ulrich, 2010).

#### 4.3. El lenguaje: oral y escrito.

En este apartado abordaremos los procesos del lenguaje oral y escrito en relación con la neuroplasticidad, así como su desarrollo y evolución durante las primeras etapas de la vida.

El lenguaje podemos definirlo como la capacidad de los seres humanos, para transmitir ideas y organizar su pensamiento a través de un conjunto de signos y/o de sonidos; es un proceso psicológico superior -como la atención y la memoria- que nos permite interactuar en nuestro entorno y que se encuentra ligado al desarrollo cognitivo de los individuos (Bosch, Colomé, Diego-Balaguer y Rodríguez-Fornells, 2013).

En primer lugar, atendiendo al **lenguaje oral**, es necesario debatir sobre si el lenguaje es un proceso innato o no; durante varias décadas se sostenía que el lenguaje era un proceso inherente, pues el peso del innatismo hacía creer que el ser humano nacía con una gramática universal que le hacía desarrollar la lengua de forma natural. Estas teorías innatistas, lideradas por Chomsky (1965-1988), atribuían todo el poder a un gen denominado FOXP2, conocido como el gen del lenguaje, de este modo no se consideraban relevantes los acontecimientos acaecidos durante los primeros meses de vida en relación con el lenguaje oral. Sin embargo, a pesar de que hoy día las teorías innatistas no están del todo desterradas, sí podemos afirmar que sólo es posible aprender

una lengua escuchándola y hablándola, es decir, en interacción social (Blakemore y Frith, 2007 y Fernández Pérez, 2015).

Es innegable que el ser humano presenta una capacidad para procesar la información lingüística fascinante desde el momento del nacimiento, así los recién nacidos tienen preferencias atencionales hacia frecuencias de la voz humana, y si no tiene lugar ninguna complicación, todos comienzan a comunicarse y a reproducir sus primeras palabras de forma natural y sin esfuerzo (Blakemore y Frith, 2007). De hecho, es tal la capacidad lingüística de los lactantes, que gracias a Janet Werker y Richard Tees, en 1984, hoy día sabemos que existe un periodo (desde el nacimiento hasta los diez o doce meses de vida) en el cual los lactantes tienen la capacidad de “oyentes universales”, son capaces de procesar todos los contrastes mínimos que aparecen entre todos los sonidos las lenguas que existen. Esto quedó avalado por su estudio, en el cual expusieron a bebés de familias inglesas a una serie de fonemas de la lengua hindi, los participantes de seis meses respondían girando la cabeza cuando escuchaban el sonido, pero una vez que cumplieron once meses, estos mismos bebés no reconocían los fonemas mostrándose pasivos ante su reproducción.

De esta manera, inferimos que el ser humano viene programado biológicamente para desarrollar el lenguaje oral, incluso afirmamos que el cerebro humano también se encuentra preparado para adquirir el lenguaje en ciertas zonas de la corteza. Sin embargo, y sin perjuicio de lo expuesto, no sería posible un desarrollo del mismo sin un ambiente social que ponga las bases de la comunicación intencional, ya que a pesar de contener una gran carga genética que nos facilita la adquisición del lenguaje, si el entorno no es estimulante y no propicia dicho desarrollo, este no tendrá lugar (epigenética); asimismo, es necesario volver a incidir en la idea que avanzábamos en párrafos precedentes, de que la mediación social -un ambiente que propicie un desarrollo lingüístico correcto- es efectiva porque contamos con un cerebro que es proclive al cambio por su característica plasticidad.

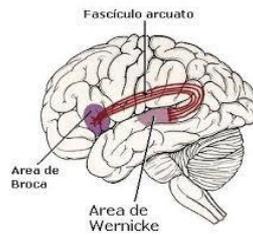
Es posible que llame la atención el hecho de que afirmemos de forma rotunda que los recién nacidos dispongan de regiones cerebrales especializadas para desarrollar el lenguaje, pero así es, Ghislaine Dehaene-Lambertz en 2013, con ayuda de la resonancia magnética funcional, en la Universidad de París, analizó la activación cerebral de bebés

de tres meses cuando escuchaban enunciados en su lengua materna, observaron que se activaban las mismas regiones del hemisferio izquierdo, que se activarían en el caso de un adulto, además descubrieron que un área del lóbulo temporal de los bebés también entraba en acción de forma considerada; estamos haciendo referencia al área de Wernicke (Meyer, 2016).

Sin embargo, el lenguaje en un adulto, involucra, además, un circuito cerebral en el que intervienen las cortezas frontal y la temporoparietal (con predominio del hemisferio izquierdo); estas dos cortezas se comunican a través de los haces de fibras que conforman el fascículo arqueado, quedando incluida en el circuito también el área de Broca. En los primeros momentos de vida, aunque el área de Wernicke se active al escuchar enunciados en su lengua materna, el fascículo arqueado y el área de Broca, a pesar de estar presentes -para después intervenir en el lenguaje- se encuentran inmaduras (Friederici y Perani, 2011).

De este modo, las investigaciones avalan la existencia de una organización cerebral bien estructurada, con activaciones preferentes en el hemisferio izquierdo, lo cual sustenta todo el proceso del desarrollo del lenguaje, pero resaltando el papel fundamental del entorno y del aprendizaje que favorecen y propician la consiguiente maduración posterior de los circuitos cerebrales (Bosch, Colomé, Diego-Balaguer y Rodríguez-Fornells, 2013).

Retomando las áreas cerebrales que posibilitan el lenguaje oral, es necesario destacar el área de Wernicke, el área de Broca y el fascículo arqueado entre otras, dado que en el 95% de la población, tiene organizado el lenguaje en el hemisferio izquierdo, decimos que estas áreas se encuentran en dicho hemisferio, pero también cabe la posibilidad de que se encuentren en el hemisferio derecho (para el restante 5 %). Por su parte el **área de Wernicke** está situada en el lóbulo temporal izquierdo en el extremo de la circunvolución superior (figura 19) es el centro de la comprensión del lenguaje, esta área se activa cuando escuchamos una palabra hablada que reconocemos; **el área de Broca** se encuentra en el lóbulo frontal, en la zona ventrolateral o medial (figura 19), es el centro de la programación motora de los movimientos del habla; y por último **el fascículo arqueado**, es una vía asociativa entre en área de Broca y el área de Wernicke (figura 19) (Bosch, Colomé, Diego-Balaguer y Rodríguez-Fornells, 2013).



*Figura 19: Localización del área de Wernicke, del área de Broca y del fascículo arqueado, estructuras claves en el desarrollo del lenguaje oral (extraído de <http://hymake.blogspot.com.es/2014/02/afasia-de-wernicke.html>).*

Una vez, que conocemos cómo se desarrolla el lenguaje oral y en las áreas cerebrales donde se sustenta, podemos retomar la idea clave de que el lenguaje es también un hecho social. Es necesario, citar de nuevo al psicólogo ruso Vygotsky (1896-1934) pues con su teoría sociocultural sostenía que los niños desarrollan todos sus aprendizajes en interacción social, el caso del lenguaje también se enmarcaría aquí, e incluso podemos hacer referencia de nuevo a su teoría de la doble formación (1979), tal y como hemos explicado anteriormente, la cual establecía que las funciones psicológicas superiores, como es el caso también del lenguaje, tenían lugar dos veces en el desarrollo del niño, primero en interacción social y en segundo lugar de forma interiorizada. Pude así es, el lenguaje forma parte de nuestra dimensión como seres humanos, y es necesario que primeramente tenga lugar a nivel social para que después tenga lugar como un acontecimiento personal e individualizado, convirtiéndose en pensamiento. A nivel social, el lenguaje comienza a construirse a partir de las interacciones entre el recién nacido y los progenitores, aquí cobra real importancia el motherese o baby talk o lenguaje maternal, este término hace referencia al lenguaje que utilizan los adultos y los niños mayores de seis años al hablar con bebés, este tipo de lenguaje se caracteriza por una composición gramatical y una prosodia determinadas que facilitan el aprendizaje del lenguaje a los recién nacidos (Meyer, 2016).

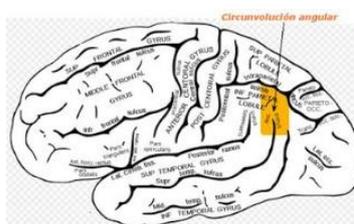
Por último, es necesario dejar patente la relación del desarrollo del lenguaje con la plasticidad cerebral; ya hemos señalado a lo largo del apartado que el lenguaje no es sólo la base genética con la que contamos, sino que también es ambiente. Aquí encontramos el primer punto de encuentro, pues ya sabemos que si el ambiente es el que permite que el lenguaje se desarrolle de forma efectiva, es porque nuestro cerebro es susceptible a los

cambios externos- plasticidad- durante las primeras fases. Sin embargo, existen más puntos de encuentro entre la neuroplasticidad y el lenguaje, nos referimos a los **periodos críticos o sensibles**, puesto que en dichos momentos el cerebro es aún más proclive a modificaciones permitiendo una mayor creación de redes neurales; hemos señalado la existencia de un periodo crítico durante los primeros diez o doce meses de vida, durante el cual los bebés eran “oyentes universales” -periodo de fonética universal- pero no podemos olvidar que existe un periodo para el desarrollo del lenguaje en sí mismo, un periodo durante el cual, nuestro cerebro está receptivo para crear redes neurales que permitan el aprendizaje del lenguaje. Este periodo abarca las edades comprendidas entre el nacimiento y los cinco años de vida aproximadamente y según autores como Lenneberg (1921-1975), pasado dicho período sería realmente difícil poder ser competentes lingüísticamente hablando; así, son conocidos casos, como el de Genie “la niña salvaje” o Víctor de Aveyron, en los que durante los primeros años de vida, los niños estuvieron sometidos a unas condiciones extremas de precariedad, sin ningún tipo de socialización ni modelos del lenguaje a los que acogerse, por ello cuando fueron encontrados durante la pubertad, ninguno contaba con ningún tipo de lenguaje oral (además de presentar otras deficiencias); con esto podemos resaltar de nuevo la importancia de la plasticidad cerebral durante los primeros años de vida para el correcto desarrollo humano, dejando patente además, la importancia del entorno para potenciar todo aquello para lo que venimos programados genéticamente (Blakemore y Frith, 2007 y Meyer, 2016).

Si pensamos en el **lenguaje escrito** (con una antigüedad de cinco mil años aproximadamente), hemos de señalar que el lenguaje oral surgió de forma más temprana, sin embargo, la difusión de la escritura por todas las culturas ha sido muy rápida, pues presenta la ventaja de la posibilidad de una constancia permanente -garantizando una mejor transmisión de la cultura y el conocimiento- a pesar de que, no transmite tan eficientemente otros aspectos del lenguaje oral como la prosodia (Blakemore y Frith, 2007). El aprendizaje de la lectura y la escritura requiere un arduo trabajo, eso marca la evidencia de que no se produce de forma natural, en contraposición con el lenguaje oral; de esta forma podemos preguntarnos ¿venimos programados biológicamente para este aprendizaje? ¿cómo aprende un niño a leer y a escribir? En realidad, no contamos con una base biológica que nos ayude a sentar las bases del lenguaje escrito, por ello el aprendizaje de dicha destreza se ha de realizar de forma explícita e intencional, asimismo

cuando un niño se encuentra ante las formas de la escritura su cerebro sufre un conflicto, pues deben entender que un mismo objeto puede representarse con unos sonidos (fonemas del lenguaje oral) y que estos a su vez pueden representarse mediante símbolos en una superficie de dos dimensiones. Por ello, existen teorías que avalan que la enseñanza de la lectura y la escritura, deben basarse -entre otras estrategias- en las correspondencias entre fonemas (sonidos del habla) y grafemas (letras), en habilidades metalingüísticas, etc. (Blakemore y Frith, 2007, Garcés-Vieira y Suárez Escudero, 2014 y Ripoll y Aguado, 2016).

Cuando comenzamos a aprender leer y a escribir, debido a que como resaltábamos con anterioridad en torno al 95% de la población tiene organizado el lenguaje en el hemisferio izquierdo, nuestro cerebro debe realizar un cambio de actividad entre sus hemisferios, las áreas del hemisferio derecho se vuelven menos importantes que las del izquierdo, que cada vez se encuentran más especializadas en el lenguaje (Eden, 2005); por tanto, la actividad de las regiones del hemisferio izquierdo aumentan cuando tiene lugar el aprendizaje de la lectura y la escritura, entrando en juego áreas cercanas a la circunvolución angular (figura 20) y las áreas de Wernicke y Broca respectivamente (Blakemore y Frith, 2007).



*Figura 20: Circunvolución angular fundamental para el lenguaje escrito (extraído de <http://nepsa.es/areas-y-funciones-cerebrales-xi-giro-angular/>).*

De este modo, el cerebro comienza a utilizar áreas cerebrales existentes -las recicla- para el desarrollo de la lectura y de la escritura, ya que no traemos zonas específicas de la corteza para desarrollar dicha función. Cuando tiene lugar, por tanto, dicho aprendizaje, decimos que el sujeto es alfabetizado, y en este sentido es interesante resaltar que existen grandes diferencias entre un cerebro alfabetizado y otro analfabeto, pues los individuos pertenecientes al segundo grupo, tienen una mayor activación de los lóbulos frontales -áreas multiusos de resolución de problemas- cuando son expuestos a tareas del lenguaje, mientras que los alfabetizados activan con más fuerza el lóbulo temporal izquierdo. Por

ello, puede afirmarse que el aprendizaje del lenguaje escrito “recablea” y reconfigura el cerebro y ello es debido a la plasticidad cerebral. Además, es interesante destacar que cuando un sujeto ha aprendido a leer y escribir, es incapaz de no leer, solo necesita ponerse en contacto con el texto impreso para saber lo que pone, pues lo decodifica de forma automática (Blakemore y Frith, 2007).

Ahora bien, partiendo de que la corteza motora del cerebro, que controla coordinación óculo-manual, no se encuentra desarrollada del todo hasta los cinco años de edad (Garcés-Vieira y Suárez Escudero, 2014), cabe pensar, como llamada de alerta, que los niños pueden no estar preparados para la adquisición de la escritura y la lectura cuando comienzan la escuela con tres años. Posiblemente es hora de pensar qué estamos haciendo los maestros y nuestro sistema educativo, languideciendo a nuestros pequeños con la ardua tarea de leer y escribir, sin que todavía existan bases cerebrales que sustenten dicho aprendizaje, porque quizá y solo quizá sería mucho más productivo que los educadores contáramos con suficiente conocimiento científico del desarrollo cerebral de los pequeños, para poder elaborar estrategias partiendo de dicho conocimiento, que verdaderamente puedan ser efectivas y vayan de la mano con los últimos avances de la neurociencia, pues al fin y al cabo los maestros nos encontramos dentro de ese colectivo que propicia -de forma exógena- un correcto desarrollo cognitivo.

Por último, debemos relacionar el lenguaje con la **tercera unidad funcional de Luria (1979) para programar, regular y verificar la actividad**; puesto que gracias a esta unidad somos capaces de planificar y autorregular nuestra conducta cabe pensar ¿Cómo realiza este tipo de tareas el ser humano?, pues bien, todo esto tiene lugar gracias al lenguaje, al lenguaje interiorizado que tal y como exponía Vygotsky surgía de forma intrapsicológica. Gracias a él, los humanos no sólo somos capaces de comunicarnos, sino que además somos capaces de pensar, de tomar decisiones, de regular nuestras conductas y comportamientos, etc. En definitiva, el lenguaje conforma el as en la manga con el que contó el ser humano para evolucionar filogenéticamente y diferenciarse del resto de seres vivos.

Con el fin de compendiar estos párrafos, destacar que hemos abordado el estudio de procesos cognitivos como la atención, la memoria y el lenguaje, vinculando a su vez, su desarrollo con la neuroplasticidad. Toda esta especial mención, tiene como causa la

necesidad de conocer las bases neurales de dichos procesos, con el propósito de que se pueda transpolar a la educación y a la enseñanza de conocimientos, para adaptar así la actuación docente al desarrollo y aprendizaje de los niños.

## 5-EDUCACIÓN Y NEUROCIENCIAS.

Analizaremos dos puntos aparentemente equidistantes, como son la educación y la neurociencia, para ello tomaremos como referencia primeramente sus definiciones para después resolver la existencia o no de puntos circundantes.

En primer lugar, hemos de destacar que, han sido muchos los autores que nos han ofrecido a lo largo de la historia, diferentes definiciones para el término de **educación**, siendo entre ellas muy dispares, como muestra Platón (427 a. C) creía que la educación permitía al ser humano tomar conciencia de otra realidad más plena de la que procede; Kant (1724) sugería que era el arte que busca la perfección humana y Jean Piaget (1896-1980) entendía que la educación era capaz de crear hombres con capacidades inventivas y creativas, y que, además, podía formar mentes críticas que no aceptasen todo lo que se les ofrece. Podríamos seguir ofreciendo innumerables definiciones, pero tal y como hoy en día la entendemos, la educación no se refiere a una sola actividad, sino que abarca fenómenos como la enseñanza, el aprendizaje, construcción de conocimiento, etc. Por lo que resulta dificultosa la tarea de aunar en una sola definición todo lo que ésta puede implicar (Serramona, 2000). Haciendo hincapié, en los procesos de enseñanza y aprendizaje, resaltar que la primera es entendida como la transmisión de conocimientos, pensamientos, valores e ideas, dentro del seno familiar, en la escuela o en cualquier ambiente que rodee al individuo. Y por su parte, el aprendizaje, es la capacidad de formar nuevas conductas a través de la experiencia, lo que permite la adaptación del individuo al entorno en el que se desenvuelve (Langosch, 2015 y Ulrich, 2010).

En segundo lugar, pasaremos a mencionar que la disciplina que estudia el sistema nervioso, con el fin de conocer mejor su funcionamiento se denomina **neurociencia**. El ámbito de la misma, lo conforman un conjunto de disciplinas como la neuroanatomía, la neurología, la psicología cognitiva, la psicología aplicada y la medicina. En este sentido, es necesario que destaquemos un campo científico reciente que responde al nombre de neurociencia cognitiva; ésta surgió con la convergencia de la neurociencia y la psicología

cognitiva (que se encarga de ofrecer modelos teóricos de todo aquello que acontece al conocimiento). Durante muchos años, estas disciplinas han estado trabajando en campos muy distantes, pero ahora han encontrado un objetivo común: comprender el funcionamiento de la mente y del órgano que la produce (cerebro) (González Álvarez, 2013).

Ahora que partimos con unos conocimientos previos sobre la educación y la neurociencia, cabe pensar **¿existen puntos de encuentro?** Bien, a pesar de que los neurocientíficos y los educadores han estado trabajando de forma muy alejada durante muchas décadas, ya desde el siglo XIX hubo actores, como Herbert Donaldson (1895) que resaltaban la importancia de vincular la neurociencia a la educación. Así surgió el término neuroeducación (neurociencia cognitiva y educación), con esta nueva disciplina se acepta, que cuando se produce un aprendizaje, tienen lugar en el cerebro diversos cambios fisiológicos y morfológicos, haciendo que sean más eficientes determinadas redes neurales (Langosch, 2015). Por esto, podemos afirmar de manera rotunda que existen puntos de encuentro, pues, los maestros necesitamos conocer los mecanismos neuropsicológicos que permiten que el cerebro cambie y tengan lugar los aprendizajes, es decir, la neurociencia nos ofrece las bases para que podamos enmarcar nuestra acción docente. Así, es evidente que ésta, puede y debe ayudar, a comprender y mejorar el trabajo educativo, incluso, Marina (2012) propone que la escuela no sólo tiene que aprovechar los descubrimientos y los avances de la misma, sino que también debe pedirle que nos ayude a resolver temas cruciales para la enseñanza; propone así, a la neurociencia cumplir cuatro objetivos: ayudar a los profesores a comprender qué es el proceso educativo, procurar resolver trastornos del aprendizaje, mejorar los procesos de aprendizaje y ayudar a establecer sistemas de interacción entre el cerebro y la tecnología.

**La neuroeducación** es, en realidad, una disciplina muy reciente -enmarcada dentro de la neurociencia cognitiva- que tiene como objetivo ayudar a explicar cómo aprendemos los seres humanos, para poder utilizar esta información en el campo de la enseñanza, y además poder desarrollar planes de estudio y políticas educativas mucho más efectivas. Así, en este campo incipiente trabajan especialistas de la psicología cognitiva, la pedagogía (hace hincapié en la metodología y las técnicas que se aplican a la enseñanza) y la neurociencia (González Álvarez, 2013 y Howard-Jones 2010).

A pesar de todo ello, y de que cada vez son más los maestros los que se están sumando al colectivo que apoya a la neuroeducación, no podemos obviar la presencia de controversias. Puede parecer que no hay dudas de lo estrechamente vinculados que está la educación (enseñanza y aprendizaje) con las funciones del cerebro, pero existe una polémica al respecto; muchos pedagogos y maestros no están dispuestos a aceptar que ambas disciplinas se relacionen, porque para ellos los conocimientos neurobiológicos no aportan nada nuevo sobre lo que ya sabemos gracias a los pedagogos, además afirman que carecen de relevancia práctica los hallazgos científicos, ya que para ellos una cosa es lo que se descubre en los laboratorios con animales condicionados, y otra muy diferente la que ocurre en un aula con personas en desarrollo (Westerhoff, 2010).

En definitiva, aunque existen todavía creencias dispares al respecto, hay algo innegable a favor de la fusión entre las disciplinas de neurociencia cognitiva y educación. Decíamos con anterioridad que la educación no podíamos definirla sin tener en cuenta múltiples procesos que la conforman, uno de estos fenómenos es el aprendizaje. Éste -quieran o no reconocerlo los que se oponen a contar con conocimiento científico-, como señalábamos en párrafos precedentes, produce alteraciones en la eficacia de la transmisión sináptica, (Blakemore y Frith, 2007). Aceptando esta máxima, no podemos negar que la enseñanza, por alusiones, tiene también un papel primordial para el cableado del cerebro de los niños, pues en realidad, y partiendo de la idea de que el cerebro es el órgano donde se encuentra toda la personalidad humana, los maestros podemos decir, que, “educamos cerebros” (Westerhoff, 2010).

La pregunta ahora no es, si es necesario buscar o no puntos de encuentro, sino ¿tiene cabida la idea de una educación sin neurociencia? Es indiscutible que la educación debe valerse de la neurociencia, pero, además, no sólo por las razones ya expuestas, sino porque ésta ayuda, y mucho, a un colectivo muy olvidado en el campo de la educación, nos estamos refiriendo al alumnado con dificultades específicas de apoyo educativo. Así, dicha disciplina estudia los procesos del sistema nervioso con el fin de poder establecer una comparativa, para saber qué ocurre cuando hay alteraciones. Por tanto, negar la aportación de la neurociencia a la educación, es privarnos de la ayuda que nos proporciona hacia este alumnado, pues sólo a partir de ella, los maestros contaremos con el primer peldaño que conforman la base inicial, para a partir de aquí poder situar el diagnóstico

pertinente y empezar a elaborar estrategias para que la intervención se ajuste de la forma más eficaz (Ulrich, 2010 y Westerhoff, 2010).

Por todo lo expuesto, entendemos que el planteamiento de este debate, en pleno siglo XXI, debería considerarse innecesario, cuando en realidad la mesa de diálogo debería fundamentarse en la destrucción de teorías intuitivas. Si el origen de la profesión del maestro es formar personas, para ofrecer respuestas a sus necesidades ¿qué sentido tiene apartar la neurociencia de la educación, cuando ésta puede darnos luz a muchos puntos que aún ahora se encuentran ensombrecidos? Es por ello, que debemos hacer un alto en el camino, y replantearnos que es necesario apartarse de teorías implícitas y de cognición social, sin ningún sustento científico, porque han abocado en los últimos años a que la educación se mantenga estanca en lugar de conservar la esencia de continuo cambio y búsqueda de alternativas. En resumen, si la sociedad pretende tender una mano experta a los niños con dificultades, la única esperanza “real” para la verdadera inclusión, de la que se abandera hoy en día la humanidad, es unir en un mismo “alma” neurociencia y educación.

## 6-CONCLUSIONES.

Una vez realizado este trabajo, en el que hemos pretendido dar respuesta al objetivo inicial de hacer una revisión bibliográfica para comprender cómo entra en juego la plasticidad neuronal en los aprendizajes de los niños durante las primeras fases del desarrollo, así como descubrir la relación existente entre dicha plasticidad y el desarrollo de procesos cognitivos superiores como la atención, la memoria y el lenguaje.

El marco teórico revisado, en primer lugar, da cuenta de la importancia de conocer y comprender que el cerebro humano está en continua evolución, no sólo desde su nacimiento sino también desde la fase prenatal, a partir de la formación de la primera neurona, por ello es evidente que aunque el individuo continuará formando redes neurales durante todo su ciclo vital, existe la evidencia de una programación genética originaria, que se verá igualmente influenciada por factores exógenos como el ambiente, la alimentación, la actividad física o el núcleo familiar en el que éste se desenvuelva (Pascual Arzúa, 2013).

En segundo lugar, si hemos afirmado que el aprendizaje viene condicionado por elementos biológicos, no supone una elucubración ahondar en el origen y en el funcionamiento de estas conexiones cerebrales; esto es, ni más ni menos que la plasticidad, conocer y ser consciente de que el cerebro cambia, que no actúa siempre de forma idéntica ante estímulos aferentes, y que los maestros tenemos ahí un arma que nos sirve de timón para redireccionar el aprendizaje de nuestros alumnos (Blakemore y Frith, 2007).

Y finalmente, tomaremos como referencia un ejemplo práctico que nos evidencie de forma clara la conexión entre la plasticidad y la educación: Si en una escuela el maestro es capaz de motivar a los alumnos hasta el punto de que ellos mismos quieran aprender más y más, las conexiones cerebrales originariamente creadas no sólo se potenciarán y serán más eficaces, sino que el cerebro les proporcionará una ayuda extra otorgándoles nuevas y volubles neuronas (plasticidad celular y sináptica) que reforzarán las raíces de esas redes ya existentes. En otras palabras, los docentes tenemos las herramientas para aportar a los niños el material adecuado (mediante actividades atractivas que llamen su atención e inventiva) que les permita aprender más y mejor gracias a la plasticidad.

Por todo esto, es de especial trascendencia el conocimiento de la plasticidad por todos aquellos agentes que intervienen en las primeras etapas del individuo ya que, su actuación interviene en la comunicación y formación del cableado cerebral. Sólo conociendo estas “carreteras” neurales, así como los agentes que delimitan y controlan su “circulación”, los docentes podemos adaptar la enseñanza a cada uno de nuestros alumnos con independencia de sus aptitudes (Blakemore y Frith, 2007). Ahora bien, podemos matizar la popularizada creencia de alumnos “buenos y malos”; que, sin perjuicio de la carga genética existente en cada individuo, el éxito del aprendizaje dependerá de si el entorno favorece o no la potenciación y desarrollo de su cerebro, y esta tarea es una labor conjunta del personal docente, de las familias y de la sociedad.

Para conocer la incidencia de nuestra labor como educadores, y no ser un fraude debemos conocer los procesos de formación y aprendizaje en su cerebro, y por ello es vital que los maestros -especialmente los de Educación Infantil, pues son los que evidencian los primeros signos de alerta- conozcan las causas y los modos de actuación con una base científica que lo avale, y no como actuaciones de su propio voluntarismo

selectivo. Esto no implica una renuncia a la intuición del docente, ni mucho menos a esa capacidad que se forja a lo largo de los años a través de la experiencia, es la sinergia de ambas, la que consigue la fórmula perfecta para dar respuestas a aquellas necesidades que la humanidad reclama.

Cada día en las aulas se evidencia un incremento paulatino de alumnos con necesidades específicas de apoyo educativo, que, aunque en ocasiones sea consecuencia de una propensa sobre-diagnóstico o incluso debido a un diagnóstico erróneo, como por ejemplo la comorbilidad entre la dislalia o trastorno fonológico y el trastorno de déficit de atención por hiperactividad (confusión originada por la elevada actividad producida por estrés vestibular derivado de la dislalia), representa una minoría que no debe ser olvidada. Evidentemente, la única forma de ofrecerles una oportunidad a estos niños es contar con conocimiento científico, por ello desde las aulas debemos hacer un llamamiento al poder legislativo para que adecúe los planes de estudio incluyendo como materia obligatoria e interdisciplinar, en la formación de los maestros, la neuroeducación. Sólo de este modo, dejaremos de ver a este colectivo como un grupo con “particularidades”, y podremos destruir las barreras que la propia sociedad les pone como límites.

En definitiva, el maletín del maestro debe contener, junto con sus conocimientos didácticos, su personalidad, su intuición y su experiencia, un elemento añadido, este no es otro que un soporte científico que le sirva de apoyo para desarrollar su profesión con la mayor eficiencia posible. No obstante, no podemos afirmar sin caer en demagogia, que la ciencia es la única respuesta a todos los problemas acaecidos en la escuela como por ejemplo la tasa elevada de fracaso escolar que presentan nuestras aulas, sino que solo se trata de un elemento más que debe ir acompañado de implicación social, familiar y financiación política.

Finalmente, sintetizaremos en una única frase la relevancia del documento, todo aprendizaje sería inviable sin neuroplasticidad; por lo que, si el tema expuesto en algún momento puede parecer inconexo o ajeno a la educación, espero haber hecho que se cambie de idea; así los maestros, para quienes todo conocimiento es poco, deben contar con todo tipo de formación que les sea útil ya que, ellos son los privilegiados de poder enseñar a la máquina más perfecta que existe: el cerebro humano.

## 7-BIBLIOGRAFÍA.

Adrover-Roig, D. & Muñoz Marrón, E. & Sánchez-Cubillo, I. & Miranda-García, R. (2013). Neurobiología de los sistemas de aprendizaje y memoria. En Redolar Ripoll, D. (Ed), *Neurociencia cognitiva* (pp. 411-438).

Adrover-Roig, D. & Muñoz Marrón, E. & Sánchez-Cubillo, I. & Miranda-García, R. (2013). Mecanismos sinápticos y moleculares del aprendizaje y la memoria. En Redolar Ripoll, D. (Ed), *Neurociencia cognitiva* (pp. 439-460).

Biología. (2017, Junio 5). Recuperado de <http://biologoapuntes.nanster.es/2016/01/06/tema-2-neuronas-y-glia-iii/>

Blakemore, S & Frith, U. (2007). *Cómo aprende el cerebro, las claves para la educación*. Barcelona: Ariel.

Bocsh, L. & Colomé, A. & Diego-Balaguer, R. & Rodríguez Fornells, A. (2013). Lenguaje. En Redolar Ripoll, D. (Ed), *Neurociencia cognitiva* (pp. 485-516).

Chica Martínez, A. & Checa Fernández, P. (2013). Atención, procesamiento de la información sensorial y sistemas atencionales. En Redolar Ripoll, D. (Ed), *Neurociencia cognitiva* (pp. 389-409)

Costa, A. & Hernández, M. & Baus, C. (2015). El cerebro bilingüe. *Mente y Cerebro*. (71), pp. 34-41.

Definición ABC. (2017, Junio 5). Recuperado de <https://www.definicionabc.com/salud/sinapsis.php>

Demaniá's Dream. (2017, Junio 12). Recuperado de <http://hymake.blogspot.com.es/2014/02/afasia-de-wernicke.html>)

DeSalle, R. & Tattersall, I. (2017). *El cerebro*. Barcelona: Galaxia Gutenberg.

Dingemanse, M. & Enfield, N. (2015). Reglas universales del lenguaje humano. *Mente y Cerebro*. (71), pp. 42-47.

Down Asociación. (2017, Junio 8). Recuperado de <https://downberri.org/2015/08/05/disfunciones-en-el-hipocampo-provocarian->

[las-deficiencias-en-el-aprendizaje-y-la-memoria-de-personas-con-sindrome-de-down/](#)

Elbers, M. (2015) Alimentación para la neurogénesis. *Mente y Cerebro*, (74), pp. 62-69.

Enfermedad de Alzheimer. (2017, Junio 12). Recuperado de <http://enfermedadealzheimer.blogspot.com.es/p/cuales-son-las-funciones-realizadas-por.html>)

Eurich, C. (2003). Sincronización neuronal. *Mente y Cerebro*, (74), pp. 90-91.

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. (2017, Junio 5). Recuperado de <http://www.efn.uncor.edu/departamentos/divbioeco/anatocom/Biologia/Los%20Sistemas/Nervioso/Sinapsis.htm>

Farreras, C. (2017). Neurociencia para profesores. *La Vanguardia*. Recuperado de <http://www.lavanguardia.com/vida/20170424/422001462616/neurociencia-aprendizaje-educacion.html>

Fernández Pérez, M. (2015). Lenguaje infantil y medidas de desarrollo verbal. *Revista de la Facultad de Educación de Albacete*. (30), pp. 53-69.

Garcés-Vieria, M. & Suarez-Escudero, J. (2014). Neuroplasticidad: aspectos bioquímicos y neurofisiológicos. *Ces Medicina*, 28(1), pp. 119-131.

González Álvarez, J. (2013). La mente y el cerebro: historia y principios de la neurociencia cognitiva. En Redolar Ripoll, D. (Ed), *Neurociencia cognitiva* (pp. 3-25).

Gopnik, A. (2012). Bebés increíbles. En Brockman, J. (Ed), *Mente* (pp. 213-227). Barcelona: Fronteras del conocimiento.

Gruart i Massó, A. (2009). El cerebro como máquina para aprender, recordar y olvidar. *Ciencia, Pensamiento y Cultura*, (736), pp. 451-469.

Hensh, T. (2016). El poder del cerebro infantil. *Investigación y Ciencia*, (45), pp. 45-49.

Herbilon, V. (2016). Más atentos en clase. *Mente y Cerebro*, (81), pp. 10-13.

- Jáuregui Huerta, F. & García Estrada, J. & Ramos Zúñiga, R. & Luquín de Anda, S. (2013). Mecanismos celulares y moleculares de la plasticidad cerebral y la cognición. En Redolar Ripoll, D. (Ed), *Neurociencia cognitiva* (pp.163-183).
- Kempermann, G. (2006) Neurogénesis. *Mente y Cerebro*, (19), pp. 10-13.
- Kraft, U. (2006) Neuroretroalimentación. *Mente y Cerebro*, (18), pp. 42-47.
- La Reserva. (2017, Junio 5). Recuperado de [http://www.lareserva.com/home/Cuales\\_son\\_las\\_partes\\_de\\_una\\_neurona](http://www.lareserva.com/home/Cuales_son_las_partes_de_una_neurona)
- Langosch, N. (2015). La trascendencia del aprendizaje temprano. *Mente y Cerebro*, (74), pp. 18-23.
- León Carrión, J. (2010). Rehabilitación neuropsicológica del daño cerebral. *Mente y Cerebro*, (45), pp. 62-71.
- Lerna, J. (2005). Comunicación neuronal. *Mente y Cerebro*, (12), pp. 20-27.
- López Barroso, D. & Rodríguez Fornells, A. & De Diego Balaguer, R. (2014). Conexión esencial para aprender palabras. *Mente y Cerebro*. (68), pp. 42-43.
- Luria, A.R. (1979). El cerebro en acción. Barcelona: Fontanella. Capítulo 2 (Las tres principales unidades funcionales, pp.43-99).
- Machado, S. & Portella, C. & Velasques, B. & Bastos, V. & Cunha, M. & Basile, L. & Cagy, M. & Piedade, A. & Ribeiro, P. (2008). Aprendizaje y memoria implícita: mecanismos y neuroplasticidad. *Revista de Neurología*. (46), pp. 543-549.
- Marina, J. (2012). Neurociencia y Educación. *Participación Educativa*. (11), pp. 7-14.
- Meyer, A. (2016). Aprender a hablar. *Mente y Cerebro*. (76), pp. 11-17.
- Miranda García, R. & Santín Núñez, J. & Redolar Ripoll, D. & Valero Cabré. (2013). Neuronas y comunicación neural. En Redolar Ripoll, D. (Ed). *Neurociencia cognitiva* (pp. 27-65).
- Müller, M. (2014). Desarrollo cerebral. *Mente y Cerebro*, (68), pp. 22-23.

- Nepsa, Rehabilitación neurológica. (2017, Junio 12). Recuperado de <http://nepsa.es/areas-y-funciones-cerebrales-xi-giro-angular/>
- Nieto Sampedro, M. (2003). Plasticidad neural. *Mente y Cerebro*, (21), pp. 11-16.
- Psicología y mente. (2017, Junio 5). Recuperado de <https://psicologiaymente.net/neurociencias/partes-cerebro-humano#!>
- Psicología y mente. (2017, Junio 8). Recuperado de <https://psicologiaymente.net/neurociencias/bulbo-olfatorio>
- Psicoactiva. (2017, Junio 8). Recuperado de <https://www.psicoactiva.com/blog/sistema- limbico-anatomia-memoria-emociones/>
- Ripoll, J. C. y Aguado, G. (2016). Eficacia de las intervenciones para el tratamiento de la dislexia: una revisión. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 36(2), pp. 85-100.
- Rose, S. (2012). Al rescate de la memoria. En Brockman, J. (Ed), *Mente* (pp. 69-83). Barcelona: Fronteras del conocimiento.
- Shen, H. (2015). Un catálogo exhaustivo de las neuronas. *Mente y Cerebro*, (72), pp. 46-47.
- Slideshare. (2017, Junio 12). Recuperado de: <https://es.slideshare.net/johnnathanmolina/cerebelo-y-ganglios-basales-en-el-control-motor-fisiologa-de-guyton-dr-johnnathan-molina>
- Sibaja-Molina, J. & Sánchez-Pacheco, T. & Rojas-Carvajal, M. & Fornaguera-Trías, J. (2016). De la neuroplasticidad a las propuestas aplicadas: estimulación temprana y su implementación en Costa Rica. *Costarricense de Psicología*. (35), pp.141-159.
- Skaggs, W. (2016) Neuronas nuevas para la memoria reciente. *Mente y Cerebro*, (76), pp. 70-75.

Triviño Mosquera, M. & Bembibre Serrano, (2015). Desarrollo ontogenético del sistema nervioso. En *Neuropsicología infantil: a través de casos clínicos*. Madrid: Panamericana.

Ulrich, H. (2010). Bases cerebrales del aprendizaje. *Mente y Cerebro*, (42), pp. 41-45.

Westerhoff, N. (2010). La neurodidáctica a examen. *Mente y Cerebro*. (44), pp. 34-40.

You can also. (2017, Junio 8). Recuperado de <https://youcanalso.wordpress.com/tag/astrocito/>