

Specialized and updated training on supporting advance technologies for early childhood education and care professionals and graduates



Co-funded by
the European Union



Specialized and updated training on supporting advance
technologies for early childhood education and care
professionals and graduates

MÓDULO II

Neurodesarrollo temprano

Docente:

Dra. Elvira Mercado Val

Departamentos de Ciencias de la Educación

Universidad de Burgos

e-EarlyCare-T



Specialized and updated training on supporting advance technologies for early childhood education and care professionals and graduates

“Specialized and updated training on supporting advance technologies for early childhood education and care professionals and graduates”, e-EarlyCare-T, reference 2021-1-ES01-KA220-SCH-000032661, is co-financed by the European Union's Erasmus+ programme, line KA220 Strategic Partnerships Scholar associations. The content of the publication is the sole responsibility of the authors. Neither the European Commission nor the Spanish Service for the Internationalization of Education (SEPIE) is responsible for the use that may be made of the information disseminated herein”.





Índice de contenidos

I. Introducción	6
II. Objetivos	6
III. Contenidos específicos del tema	6
3.1. El desarrollo del cerebro: Premisas básicas	6
3.1.1 Desarrollo prenatal y postnatal del cerebro.....	8
3.2 Neurodesarrollo anatómico	11
3.3. Neurodesarrollo funcional cognitivo.....	13
3.3.1. La percepción visual.....	13
3.3.2. La memoria	14
3.3.3. El lenguaje.....	15
3.3.4 Las funciones ejecutivas	16
3.4. La plasticidad cerebral en el desarrollo cerebral del niño	17
3.4.1 Tipos de plasticidad cerebral.....	17
Resumen	19
Glosario de términos	19
Bibliografía recomendada	20



I. Introducción

El neurodesarrollo es el proceso de adquisición de habilidades en relación con la maduración cerebral del sistema nervioso en el niño, hasta llegar a la etapa adulta. Es un proceso donde intervienen aspectos biológicos y ambientales que están en constante interacción. En este capítulo, se revisarán los procesos del neurodesarrollo del sistema nervioso, desde un punto de vista evolutivo para comprender la emergencia de los mecanismos de la actividad mental y la conducta humana en el niño.

II. Objetivos

1. Conocer las fases de maduración cerebral y las etapas de adquisición de las diferentes destrezas y capacidades que permitirán al niño ir desarrollándose correctamente dentro del proceso de neurodesarrollo.

III. Contenidos específicos del tema

3.1. El desarrollo del cerebro: Premisas básicas

Con respecto al desarrollo del cerebro, la idea más generalizada que existe en la actualidad es que en los primeros años de vida es cuando se incrementa numéricamente la complejidad y funcionalidad del cerebro. Sin embargo, tal como señala Sebastián (2012) un mayor número de neuronas y conexiones no equivale a un mejor funcionamiento cerebral.

Como expresa Ortiz (2018) este neurodesarrollo va a ser un proceso lento que se va a prolongar durante varias décadas y no va a tener su paralelismo con el neurodesarrollo biológico. El desarrollo y maduración del cerebro se caracteriza por ser de larga duración y por ocurrir de **manera heterocrónica**. No obstante, a medida que se desarrollan las estructuras cerebrales, las funciones perceptivas, motoras, cognitivas comienzan a expresarse en conductas observables. Así, las estructuras que se desarrollan con mayor rapidez manifiestan sus funciones, antes que aquellas funciones que se desarrollan con una mayor lentitud, como por ejemplos, las habilidades controladas por la neocorteza (lóbulo frontal) Kolb y Whishaw, 2003., Coll, 2011).

Los seres humanos nacemos con un cerebro inmaduro desprovisto de un sistema cognitivo funcional y es de hecho que esta inmadurez lo que permitirá que la experiencia vaya moldeando este cerebro de manera fundamental.

Y también, los distintos ritmos de maduración de las diferentes estructuras corticales, va a estar determinado tanto por la genética como por mecanismos de estimulación específica que se le dé a ese cerebro en proceso de desarrollo.

En los primeros meses de vida, la corteza cerebral experimenta una importante proliferación de **sinapsis** (comunicación neuronal) que dará como resultado la formación de **sinaptogénesis**, seguida por un periodo de **poda sináptica** (eliminación de sinapsis, a menudo por falta de uso).

Otro de los elementos implicados en el desarrollo cerebral es el relacionado con el proceso de **mielinización** de las neuronas, proceso que consiste en que los axones de las neuronas se recubran de una especie de “aislante” formado de sustancia blanca para poder tener una transmisión adecuada de la señal.

Y es especialmente en este cerebro en desarrollo, la cantidad de mielina en una determinada área cerebral será un buen indicador del uso que se va a hacer de dicha área induciendo al desarrollo de una determinada área cortical con una determinada implicación en un proceso cognitivo posterior.

Al igual que ocurre con los procesos de *sinaptogénesis* y *los procesos de poda sináptica*, la mielinización también *a tener diferentes ritmos de formación en según qué áreas del cerebro se estén desarrollando*. Estaríamos hablando, por lo tanto, no solo de cuántas neuronas o conexiones sinápticas existan, sino también de cómo es la estructura de la sustancia blanca (axones y mielina), las dendritas, así como los circuitos neuroquímicos que moldean el funcionamiento cerebral.

Con lo cual, se presume, (Tabla 1) que tanto el **proceso de poda sináptica** como el de la **sinaptogénesis** está determinado por mecanismos neuroquímicos. La presencia de determinadas moléculas (áreas cerebrales concretas) va a potenciar o frenar la aparición o desaparición de determinada sinapsis, condicionada a que haya actividad en las neuronas Sebastián Gallés, (2012).

Tabla 1. Algunas características del desarrollo cerebral humano. Extraído de García Madruga y Herranz Ibarra, 2010.

Características del desarrollo cerebral humano	
<i>Crecimiento postnatal del cerebro humano</i>	<p>La masa cerebral se cuadruplica entre el nacimiento y la adultez.</p> <p>-Notable aumento del número y complejidad de las neuronas.</p> <p>-Firme incremento de la densidad de las conexiones sinápticas en diversas regiones del córtex cerebral.</p> <p>- Incremento en el proceso de mielinización lo que va a permitir una mejora en la velocidad de transmisión de información entre las neuronas.</p>
<i>Pérdida o “poda sináptica” de conexiones sinápticas</i>	<p>Proceso que implica la pérdida selectiva en el desarrollo cerebral, principalmente observado en la densidad sináptica.</p> <p>Patrón de aumento inicial y posterior disminución o “poda” de la densidad sináptica que aparece a diferentes edades según diversas regiones corticales.</p> <p>La sobreproducción inicial de conexiones sinápticas y la posterior “poda” parece estar relacionada con la especial plasticidad del cerebro infantil.</p>
<i>Plasticidad cerebral</i>	<p>La plasticidad como propiedad fundamental del desarrollo de la corteza cerebral.</p> <p>El proceso de diferenciación y especialización de las diferentes áreas del córtex está fuertemente influenciado por la propia actividad neuronal, además de los factores inherentes relacionados con el “encendido” automático. (infancia y adolescencia, principalmente)</p>

3.1.1 Desarrollo prenatal y postnatal del cerebro

Toda la complejidad del cerebro deriva del preciso proceso espaciotemporal de los principales procesos de desarrollo cerebral. (Figura 1). Tanto para *la regionalización cerebral*, *la migración neural* y *la formación de sinapsis* por parte de las células neurales durante los periodos, embrionario y perinatal.

Las células del sistema nervioso se forman a partir de una de las tres láminas en que se divide el embrión, el ectodermo, durante un proceso **denominado gastrulación**. Las células madre de la parte medial del ectodermo proliferan a un ritmo muy elevado, modificando la morfología y el tamaño de esta lámina y dando lugar a la placa neural, formando el tubo neural (**neurulación**).

Las vesículas precursoras, en torno a la cuarta semana gestacional, formarán las tres estructuras principales que formarán el futuro encéfalo.

A su vez, las células madre del tubo neural serán *futuras neuronas y células gliales*. Las células que se convertirán en neuronas perderán por lo tanto su capacidad de dividirse y serán unas células especializadas. Con el objetivo de ir formando las diferentes regiones del sistema nervioso, las neuronas todavía inmaduras migrarán desde el lugar de nacimiento hasta su localización definitiva en el sistema nervioso y una vez allí, unirse con otras neuronas para formar unidades funcionales (núcleos y capas corticales).

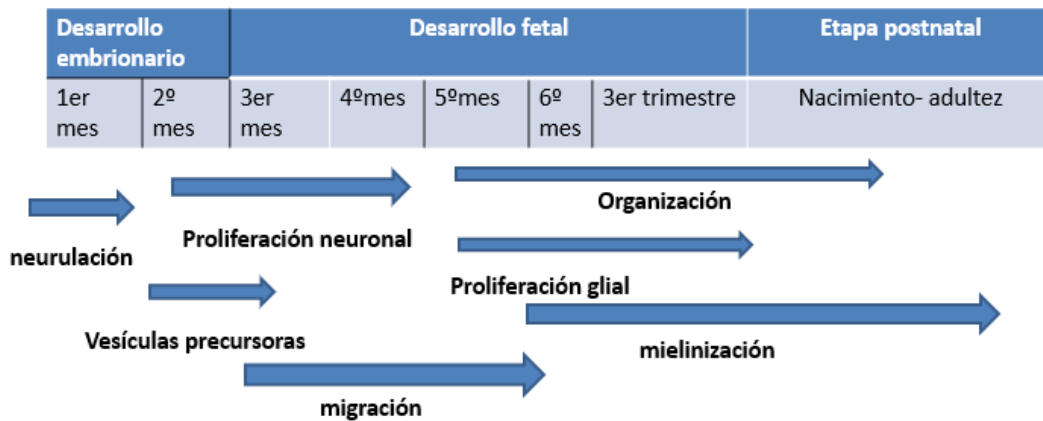


Figura 1. Ventanas temporales del desarrollo del sistema nervioso. Enseñat et al, 2015

Con respecto a la **proliferación**, también llamada **neurogénesis**, proceso que ocurre entre el tercer y quinto mes de desarrollo fetal, que consiste en la división mitótica de células madre en el tubo neural para posteriormente producir neuronas y glía.

Paralelo a este proceso, también ocurre **la migración celular**, que son movimientos o desplazamientos masivos de células nerviosas, o de las células precursoras con la finalidad de establecer poblaciones diferenciadas de células nerviosas (capas de la corteza cerebral, núcleos subcorticales). Parece ser, que algunas células de sostén (glía) ayudan a guiar este proceso de migración celular.

La formación de conexiones sinápticas (sinaptogénesis) tiene lugar en diversos momentos a lo largo del desarrollo. Durante los últimos meses de vida intrauterina y los primeros años de infancia se formarán un número extraordinario elevado de sinapsis, pero muchas de estas neuronas desaparecerán, mientras que se irán formando nuevas sinapsis y se modificará el funcionamiento de las ya existentes. Este proceso se denomina **reorganización sináptica**, resultando clave para la maduración del cerebro y para la consiguiente evolución de las capacidades mentales. Estas sinapsis van a depender en gran medida del patrón de actividad eléctrica de las neuronas y ello a su vez va a estar relacionado con el uso que se haga de estas sinapsis.

Para que las neuronas inmaduras puedan desarrollar las funciones que les definen (procesamiento de las señales químicas y eléctricas) deberán adquirir propiedades electrofisiológicas y bioquímicas específicas y establecer contactos sinápticos con otras neuronas. Estas neuronas inmaduras deberán ser capaces de generar y conducir impulsos nerviosos (**potenciales de acción**) capaces de liberar determinados tipos de neurotransmisores (sustancias químicas que sirven para comunicarse y provocar un efecto u otro) y de responder a los mensajes emitidos por otras neuronas.

Antes de la formación de estas conexiones sinápticas, es necesario que se forme el axón, prolongación que surge del cuerpo celular y que aumente su longitud hasta alcanzar la región que contiene las neuronas diana con las que se establecerán las sinapsis. También es necesario que se formen las dendritas (prolongaciones neuronales especializadas en la recepción de información).

En diversos momentos del desarrollo y siguiendo a (Coll, 2011) y de manera muy marcada en la etapa perinatal tiene lugar también un proceso aparentemente paradójico, que es la **muerte celular o la apoptosis**.

Este proceso implica la muerte de muchas neuronas que se habían formado en etapas previas como consecuencia de la expresión de los genes que van a activar la autodestrucción programada. Este proceso se activa más probablemente en aquellas neuronas que no han sido capaces de establecer sinapsis funcionales y a su vez no se ha nutrido de factores neurotróficos (proteínas que aseguran la supervivencia de estas neuronas) la formación de conexiones sinápticas y la plasticidad sináptica.

Así pues, durante el desarrollo del sistema nervioso se van a generar un importante número de neuronas, alguna de ellas selectivamente eliminadas. También se van a formar un número muy elevado de sinapsis que posteriormente van a ser sometidas a un proceso de reorganización.

Estos fenómenos de **reorganización sináptica** y apoptosis terminarán configurando el tejido nervioso con un menor número de neuronas y menos sinapsis que las formadas inicialmente, pero un funcionamiento más eficiente. (Coll, 2011).

Desarrollo postnatal

En líneas generales, el desarrollo y maduración del cerebro se caracteriza por ser de larga duración y por ocurrir en diferentes momentos. Así, diversos aspectos del desarrollo van a tener lugar no sólo a lo largo de toda la infancia, sino también durante e incluso durante la adolescencia. En general, maduran primero las regiones relacionadas con funciones sensoriales, motoras y fisiológicas más básicas, mientras que las áreas relacionadas con funciones cognitivas complejas muestran un proceso madurativo más lento.

Asimismo, los cambios madurativos del tejido cerebral durante la infancia y la adolescencia muestran una reducción del volumen de sustancia gris y un aumento del volumen de la sustancia blanca. La sustancia gris consiste en las partes del tejido nervioso que están compuestos por cuerpos neuronales y dendritas, además de la mayoría de la sinapsis, mientras que la sustancia blanca está formada básicamente por fibras nerviosas (axones).

De los últimos meses de la gestación hasta aproximadamente los dos años de vida, hay un incremento muy notable de sinapsis cerebrales, que se irá reduciendo, reflejando una reducción del volumen ocupado por la sustancia gris. Esta reducción es producto de los procesos de reorganización sináptica que mejoraran la eficiencia del funcionamiento cerebral. A su vez, el aumento del volumen de la sustancia blanca es atribuible al aumento de la mielinización de los axones.



En algunas regiones, especialmente en las áreas relacionadas con las denominadas funciones ejecutivas (capacidad de planificación, inhibición de pensamientos poco relevantes, gestión de las emociones y monitoreo), este proceso de mielinización tiene lugar hasta bien entrada la tercera década de vida (Coll, 2011).

3.2 Neurodesarrollo anatómico

Como hemos visto anteriormente, el desarrollo y maduración de la corteza cerebral y a su vez del SNC se va a evaluar por medio de diferentes criterios: *mielinización*, *desarrollo axónico* (proliferación de botones axonales) *arborización dendrítica*, *medida de neurodensidad* (*desarrollo de las dendritas y de los cuerpos celulares*) y *medida del espesor de las capas cortical* (nos va a mostrar el grado de complejidad, redes neuronales de la corteza cerebral) (Guinea, 2003).

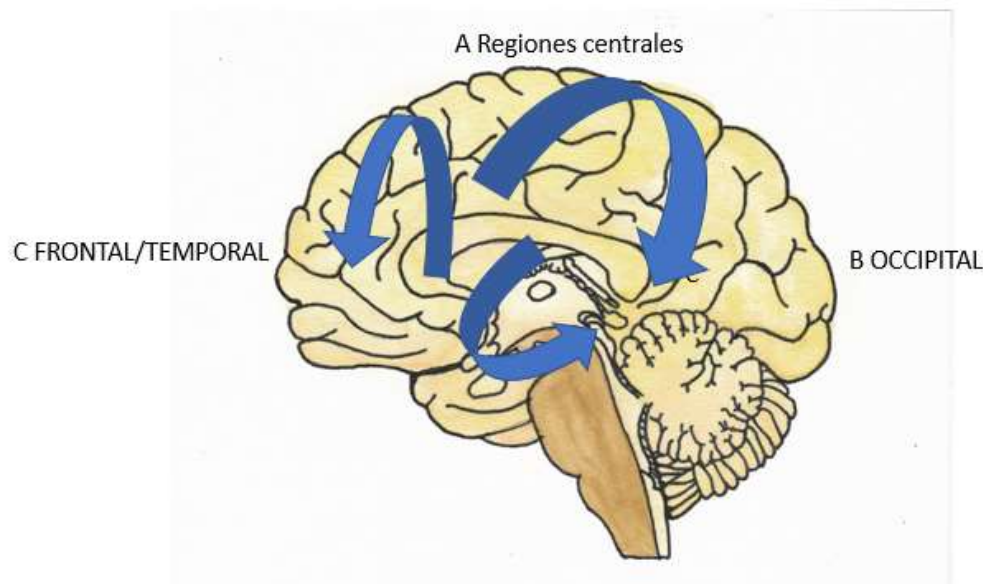


Figura 2. Patrones de mielinización cortical. Basado en Enseñat y cols, 2015

Como estamos señalando previamente, la emergencia de estas funciones cognitivas va a venir dado por el proceso de mielinización (figura 2). Primero serán operativas las áreas sensoriales y motoras (zona parietal) posteriormente, el desarrollo continuará hacia áreas visuales, localizadas en el lóbulo occipital, para terminar, como hemos estado desarrollando a lo largo de este capítulo, las funciones ejecutivas coordinadas en el lóbulo prefrontal. Este proceso se produce **de una manera secuencial y jerárquica**, siguiendo unos pasos coordinados del desarrollo de las siguientes estructuras neuroanatómicas

1. Tronco del encéfalo y formación reticular: En estas estructuras cerebrales se encuentran los centros que controlan el ritmo vigilia-sueño, los movimientos respiratorios, los reflejos de tos, succión, deglución, presión arterial, movimientos cardiacos y las funciones autónomas primarias de la vida. Primeras estructuras en desarrollarse vitales para la supervivencia.

2. Tálamo: El núcleo pulvinar crece rápidamente entre la semana 16 y 37 de gestación. Las aferencias talámicas ya se pueden observar a los 82-91 días hacia la corteza prefrontal y occipital y posteriormente, entre los días 145-150 existe un patrón relativamente maduro de proyecciones tálamo- corteza pero que cuya ramificación es más extensa que en el adulto.

3. Ganglios basales: Estas estructuras desempeñan un papel importante en el control de la postura y el movimiento voluntario. El putamen se desarrolla a un ritmo más rápido que el núcleo caudado en los cuatro primeros meses y medio de gestación. Las primeras sinapsis se observan ya en el putamen a los 60 días y a los 65 días en la cabeza del núcleo caudado.

Estas dos estructuras, tanto el *putamen como el núcleo caudado*, son estructuras que conforman los ganglios basales, estructuras fundamentales junto con el tálamo, corteza cerebral y cerebelo, que se encargan del control motor. Destacar, además, que las primeras aferencias procedentes del tronco cerebral y de la sustancia negra surgirán alrededor de los 40 días y las procedentes de la corteza prefrontal aparecerán en torno a los 70 días.

4. Hipocampo: El desarrollo de esta estructura cerebral se inicia alrededor de los 38 días y es prácticamente simultáneo en todas las áreas. En la segunda mitad de la gestación hipocampal ya se muestran elementos postsinápticos bien diferenciados y ya se generan las vías aferentes establecidas.

5. Cerebelo: Al inicio del quinto mes de gestación se observa una corteza de seis capas en el área del vermis y en las áreas mediales de los hemisferios cerebelosos, con un desarrollo más lento de las caras laterales de los mismos (alrededor de un mes y medio a los dos meses). A los seis meses todas las áreas cerebelares tienen seis capas, aunque las capas granulares embrionarias no desaparecen totalmente hasta los siete meses u ocho después del nacimiento. Hasta el segundo año de vida, el cerebelo crece rápidamente para alcanzar el tamaño adulto entre los seis y nueve años de edad.

6. Áreas primarias motoras y sensitivas: se inicia la maduración de las capas de la corteza motora en el nacimiento y su desarrollo va a permitir los movimientos reflejos y espontáneos de las extremidades, aunque todavía será necesario más tiempo hasta que el bebé pueda realizar movimientos coordinados.

7. Áreas secundarias motoras y sensoriales: la maduración de estas áreas posiblemente coincida con la maduración de las áreas primarias y terciarias, aunque el desarrollo de esta área es más lento y va a terminar en torno al quinto año de vida. Con la maduración de las áreas secundarias se inicia el proceso de lateralización de funciones y el paso del nivel senso-motor al perceptivo motor. Estas regiones resultan fundamentales para el aprendizaje durante los primeros años de vida.

8. Áreas terciarias y posteriores de la corteza cerebral: Son áreas que se corresponden con una zona de integración de estímulos de diferentes modalidades sensoriales y de producción de esquemas funcionales simbólicos. La maduración de estas áreas resulta clave para la adquisición de conocimientos escolares, destacando la circunvolución angular de los lóbulos parietales, indispensable para la adquisición de la lectura.



9. Corteza prefrontal: Parte de la corteza que se va a desarrollar en último lugar. No será plenamente funcional hasta los cuatro a siete años de edad y continuará su desarrollo en la edad adulta. También denominada neocorteza.

El proceso de diferenciación y especialización de las diferentes áreas del córtex está fuertemente influenciado por la propia actividad neuronal, además de los factores inherentes relacionados con el “encendido” automático.

3.3. Neurodesarrollo funcional cognitivo

El desarrollo de las principales funciones cognitivas depende de la maduración de los circuitos cerebrales que la sustentan. Conocer la evolución y desarrollo normal de las funciones cognitivas va a ser fundamental para identificar e interpretar posibles alteraciones en este desarrollo. El estudio desde la neuropsicología se centra en el estudio de los principales procesos cognitivos que se irán estableciendo a medida que se desarrolla el sistema nervioso. Hablaremos, del desarrollo madurativo de la percepción, la memoria, la atención, el lenguaje y en su globalidad el desarrollo de las funciones ejecutivas.(Enseñat, Roig y García, 2015).

3.3.1. La percepción visual

En general, se acepta que durante el primer año de vida el sistema visual experimenta importantes cambios funcionales (tanto como para la regulación oculomotora como para la agudeza visual) mostrando cambios funcionales que pasan a depender de las estructuras subcorticales en un primer momento, para pasar luego al dominio progresivo del procesamiento a nivel de la corteza cerebral.

Con respecto a las dos vías encargadas para el procesamiento del movimiento, forma de los objetos, lugares y caras (Vías ventral y dorsal) , *la vía ventral* se encarga del procesamiento de la forma, mientras que la vía dorsal, del procesamiento del movimiento.

Se considera que la respuesta integrada al movimiento es más precoz que el procesamiento integrado de la forma. No obstante, lo primero que se va a procesar van a ser las caras, los objetos y los lugares. El procesamiento del movimiento, sin embargo, tardará más en alcanzar la madurez y parece ser más susceptible a ser alterado (Enseñat y cols, 2015).

Uno de los procesos visuales más estudiados en la etapa infantil ha sido el *reconocimiento de las caras*. Toda la evidencia acumulada a través de la investigación en esta área nos lleva a concluir que ya a la edad de 5 años o tal vez antes, ya se alcanza la madurez en la percepción de las caras, en parte debido a los mecanismos genéticos y contribuciones innatas.

Por lo tanto, se podría considerar que en la infancia, los mecanismos adultos empleados en la percepción de las caras ya están presentes. Esto incluiría fenómenos asociados con el reconocimiento de la individualidad y el aprendizaje de las caras nuevas, el procesamiento global, así como la aceptación de la ausencia de ciertos



rasgos, pero consiguiendo reconocer esa cara previamente codificada. (Enseñat y cols, 2015).

Además, no conviene olvidar que la maduración de otros procesos cognitivos también contribuirá en mejorar el reconocimiento de caras más allá de la niñez temprana, así como, por ejemplo, el reconocimiento de las caras mejorará si le unimos el desarrollo del reconocimiento de la expresión emocional, relacionada con los cambios en las conexiones entre estructuras neuroanatómicas como son el giro fusiforme y las estructuras del sistema límbico (amígdala, hipocampo).

3.3.2. La memoria

La edad en la que se alcanza la madurez mnésica va a depender de varios factores. Por un lado, va a estar mediado por el desarrollo de estrategias de codificación dependientes de la maduración de la corteza prefrontal, y por el desarrollo del propio proceso mnésico asociado a la maduración del lóbulo temporal medial.

Esto va a tener como consecuencia del incremento del conocimiento general que necesariamente va a mejorar la habilidad para memorizar. Tal como exponen Enseñat y cols, (2015) otro factor que influye es el desarrollo de las funciones cognitivas básicas como es la velocidad de procesamiento, la atención, la capacidad de la memoria de trabajo y el efecto que tienen las funciones complejas como es la capacidad de resolver problemas o la metamemoria (Enseñat, 2015, Ofen, 2012).

Se considera que la memoria episódica se desarrolla a largo de la infancia, pero no queda claro si se alcanza la madurez a una determinada edad o, por el contrario, continúa desarrollándose a lo largo del desarrollo hasta la adolescencia.

Con respecto al desarrollo de estrategias de codificación, en aquellos casos en que las tareas impliquen mayor complejidad y obliguen al empleo de determinadas estrategias para obtener un recuerdo libre o mayor implicación de orden temporal, conllevarán un desarrollo más tardío. (Lóbulo frontal vs lóbulo occipital).

Por otra parte, si consideramos el papel relevante que tiene el lóbulo temporal medial para los procesos de memoria y los escasos cambios estructurales de esta región a partir de la niñez, se podría considerar que los procesos implicados en la memoria más relacionados con el lóbulo temporal medial, como es el de la memoria asociativa, serían los que madurarían antes. (Ofen, 2012, Enseñat y cols, 2015).

En su totalidad, la evolución de la memoria episódica emerge del desarrollo de una red cerebral que incluye como mínimo, el hipocampo y la corteza prefrontal. El papel del lóbulo parietal en el desarrollo de la memoria episódica no está tan claro y se apunta a que puede funcionar como mediador por la implicación de los procesos atencionales.

Con respecto a la memoria procedimental, necesaria para el pensamiento complejo, sabemos que, desde edades tempranas, los niños ya adquieren habilidades procedimentales que le servirán posteriormente en el aprendizaje de nuevas destrezas. La edad de adquisición dependerá de la habilidad requerida, de las veces que se repita lo que se memorice y de la exigencia de otras funciones cognitivas para poder llevarla

a cabo. Se considera que el aprendizaje de procedimientos pasa primero por una fase más externa, en la que se necesitan recursos cognitivos (memoria a corto plazo) para que progresivamente pueda convertir este tipo de memoria procedimental en una memoria implícita y automatizada en la que se disminuye este procedimiento guiado por los datos externos. No obstante, parece complicado explicar mediante este planteamiento todo el aprendizaje procedimental en niños en los que todavía no se han desarrollado los mecanismos de aprendizaje explícito y de control cognitivo.

Por otro lado, la memoria de trabajo hace referencia a la capacidad para mantener y manipular durante un corto periodo de tiempo la información necesaria para guiar una determinada conducta. En general se considera que esta capacidad experimenta un incremento importante a los 11 años, así como entre los 15 y los 19 años, llegando a niveles máximos en la etapa adulta. Su correcto desarrollo se ha relacionado con la maduración de áreas corticales como la corteza frontal superior, la corteza intraparietal, así como sus conexiones.

El desarrollo de distintos tipos de memoria aporta las bases para la adquisición de las habilidades y el conocimiento propio del adulto. El conocimiento de los hitos que se van alcanzando durante la niñez no sólo aporta información útil para la evaluación clínica, sino que también va a tener importantes implicaciones para la educación.

Tener en cuenta que la memoria episódica de los niños es básicamente asociativa (al menos hasta la educación primaria) es fundamental para el considerar necesario que se les instruya en el uso de estrategias específicas para la mejora del rendimiento en memoria en el aula. Enseñat y cols (2015)

3.3.3. El lenguaje

Con respecto al lenguaje y su desarrollo cognitivo en la infancia, la adquisición del lenguaje, así como la adquisición de otras funciones cognitivas, dependerá en gran medida del nivel de estimulación ambiental y de la correcta maduración cerebral (Enseñat y cols, 2015). El adecuado desarrollo de los sistemas lingüísticos depende de la interacción con otras redes funcionales responsables de la habilidad, por ejemplo, motora o visoespacial, la memoria, la atención, la capacidad de discriminación acústica y las habilidades sociales y emocionales.

Un ejemplo clásico para ilustrar la existencia de los periodos críticos y sensibles es el estudio referente a la adquisición del lenguaje. Es importante señalar que no todos los aspectos del lenguaje se adquieren en las mismas ventanas temporales. Sabemos, por ejemplo, que el periodo crítico para el aprendizaje de los fonemas va a ocurrir durante el primer año de vida. Al poco tiempo de nacer, los bebés ya son capaces de discriminar los contrastes fonéticos de distintos idiomas, incluso aquellos que contrastes no presentes en su idioma nativo. (Enseñat y cols, 2015).

La exposición a un contexto lingüístico durante el primer año de vida permitirá la especialización de esta habilidad, consiguiendo mejor capacidad para los contrastes fonológicos de los idiomas presentes en su día a día. (Periodo lingüístico).

Durante los meses posteriores, el niño va aprendiendo una media de 10 palabras por mes hasta superar la cifra de 50 palabras, posteriormente, sobre los 18 meses se

evidencia la explosión de ese vocabulario y el niño ya es capaz de aprender una media de 30 palabras al mes. (Enseñat y cols, 2015).

Alrededor del segundo año de vida, entre los 18 y los 36 meses de vida comienza el aprendizaje sintáctico. El niño ya es capaz de realizar y combinar palabras en estructuras gramaticales simples (frases con dos palabras) y posteriormente, en torno a los cinco años, los niños van a ir incrementando la complejidad de estas estructuras gramaticales que utilizan para añadir el uso de preguntas y frases negativas.

La complejidad de las estructuras gramaticales no va a ser dependiente de la disponibilidad del contenido léxico y por lo tanto se va a relacionar con la capacidad que tiene el niño de incrementar su vocabulario.

A partir de los cinco años, los niños ya empiezan a experimentar con los usos del lenguaje, de modo que ya aparecen estrategias y claves de comunicación que les va a permitir seguir una conversación con otra persona, aclarar malentendidos de un discurso, aumentar su nivel de comprensión así como la producción narrativa. (Enseñat y cols, 2015).

3.3.4 Las funciones ejecutivas

Las funciones ejecutivas (FE) hacen referencia a un conjunto de funciones cognitivas que permiten mantener un plan coherente y organizado hacia un fin determinado. Dentro de estas funciones, se incluyen la habilidad para planear y organizar la información, la flexibilidad y la planificación así como la capacidad para controlar impulsos. (Roselli, 2002).

En general, se considera que las regiones más críticas para la emergencia de las funciones ejecutivas se localizan en la corteza prefrontal, en la parte más anterior del lóbulo frontal, por delante de las áreas motoras. La corteza prefrontal y las conexiones que establece esta región con otras áreas cerebrales experimenta cambios no solo a lo largo de toda la infancia, sino, también, de manera muy acentuada, durante la adolescencia. Coll, 2011.

Las FE incluyen las capacidades llamadas propiamente directivas (cold executive functions) así como las afectivas (hot executive functions). *Las primeras hacen referencia a la capacidad de planificación, organización, establecimiento de objetivos, monitorización de la conducta, solución de problemas, inhibición, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva.* Las segundas incluyen la capacidad empática, la regulación emocional, la teoría de la mente y la capacidad de toma de decisiones con componente afectivo, habilidades necesarias para poder regular nuestra conducta con un propósito (Enseñat y cols, 2015)

El desarrollo del lóbulo **prefrontal empieza en el periodo prenatal**, mostrando posteriores cambios metabólicos y estructurales durante la infancia y la adolescencia, pero no llega a su madurez evolutiva hasta la década de los treinta, cuando se da por terminada la mielinización.

Existe una maduración temprana del control atencional y cierta capacidad de memoria de trabajo, mientras que otras habilidades más complejas como la planificación y la

organización se adquieren durante la adolescencia y la edad adulta. El control atencional (atención selectiva, inhibición de respuesta, autorregulación y autosupervisión) es el primer elemento de la función ejecutiva que madura. Las evidencias en relación con el establecimiento de metas (planificación, establecimiento de metas y solución de problemas) durante la edad de la etapa infantil, son escasas. A los 5 años, los niños ya pueden establecer metas y planes.

Y, por último, en relación con la capacidad para tomar decisiones con un componente afectivo, sabemos que los niños de 3 a 6 años se basan exclusivamente en recompensas inmediatas. No es hasta la adolescencia, cuando ya se comienzan a tomar decisiones de una manera eficaz.

Esta capacidad se ha relacionado con la maduración tardía de áreas prefrontales ventromedial y orbitofrontal y parece ser independiente de la mejoría en el control inhibitorio y en la memoria de trabajo que van a acontecer en la misma etapa del desarrollo. (Anderson y cols, 2008 . Enseñat y cols, 2015).

3.4. La plasticidad cerebral en el desarrollo cerebral del niño

El SNC posee una notable capacidad para modificar su función y hasta cierto punto, modificar su estructura anatómica en respuesta a la actividad, a los estímulos ambientales o a los daños que puede sufrir. La plasticidad es un proceso constante, el cual puede ser observado a diferentes zonas: sináptica, estructural y de organización de mapas neuronales. (Medina y cols, 2004).

Como regla general, podemos afirmar que los cambios en el comportamiento que se describen (de acuerdo con las circunstancias) como el aprendizaje, la memoria, hábitos, maduración, recuperación y otros, se asocian con los cambios correspondientes en el sistema nervioso.

El concepto de **“plasticidad neural”** alude, en circunstancias normales, a la capacidad del sistema nervioso para modelar su estructura y su función con arreglo a la experiencia, lo que da lugar a los procesos de aprendizaje. Y en circunstancias de pérdida patológica, a su capacidad para tratar de reactualizar las potencialidades del programa genético individual mediante fenómenos de remodelado.

Esta propiedad cerebral puede evaluarse en muchos niveles, desde los cambios observables en la conducta, mapas cerebrales, organización sináptica, organización fisiológica y estructura molecular.

Para comprender los procesos como la memoria y los hábitos es necesario entender la naturaleza de la plasticidad cerebral. La dotación genómica permite, pues, un margen de adaptabilidad al manejar información y también al intentar compensaciones anatómicas tras sufrir alguna agresión patógena. (Narbona y cols, 2012).

3.4.1 Tipos de plasticidad cerebral

El aprendizaje y el recuerdo de la información nueva se vinculan con algún tipo de cambio en las células del sistema nervioso (neuronas). Se considera que estos cambios constituyen el registro neurológico de la información aprendida. Tal como muestra Grenough y Black (1992) y Coll (2011)



Es posible establecer, resumiendo tres grandes tipos de plasticidad: aquella propia del desarrollo, la inducida por la experiencia durante la vida y en último lugar, la inducida por el daño, pérdida de aferencias o alteraciones en la actividad cerebral.

1. Plasticidad experience-expectant. (Plasticidad expectante de experiencia)

Este tipo de plasticidad implica cambios sinápticos producidos por aspectos del entorno que son comunes a todos los miembros de la especie y esperables en determinados momentos del desarrollo. (experiencias).

Como hemos visto anteriormente, inicialmente hay una sobreproducción de sinapsis, seguida más tarde por una pérdida neuronal. (Coll, 2011).

Está tipo de plasticidad está limitada a periodos de máxima susceptibilidad durante el desarrollo a determinadas variables ambientales (**Periodos críticos o sensibles**). Pasada esta ventana temporal, la influencia que tienen estas experiencias sobre el cerebro y sus conexiones será mucho más limitada. Se determinará, por lo tanto, la selección del patrón de organización del SN de forma permanente y en ocasiones irreversible.

Este mecanismo permite que los genes codifiquen la naturaleza de las conexiones a establecer, ya desde el periodo fetal y posteriormente en el periodo postnatal, donde “se prevé” que el niño experimentará episodios básicos, comunes a toda la especie, como puede ser la exposición a la luz y al sonido, para preservar las conexiones sinápticas previamente establecidas de los sistemas perceptuales, de la vista y el oído. (Siegel, 2016).

2. Plasticidad experience-dependent. (Plasticidad dependiente de la experiencia).

El segundo tipo de plasticidad refleja cambios producidos por la información absorbida del entorno que puede ser única para el individuo en particular, (el aprendizaje específico del vocabulario) que son experiencias a lo largo de todo el ciclo vital.

Dicha plasticidad no está limitada a periodos fijos de tiempo. Este tipo de plasticidad es máxima durante la infancia y la adolescencia. Se mantiene a lo largo de toda la vida, excepto por la presencia de enfermedades neurodegenerativas o trastornos del neurodesarrollo.

Se desencadena por la detección de relaciones relevantes entre estímulos relevantes entre estímulos (aprendizaje y memoria) o alteraciones en la situación estimular (lesiones, pérdida de miembros). Este tipo de plasticidad activa exclusivamente la maquinaria genética para crear sinapsis, cuya creación depende sin duda, de ese conjunto de experiencias que hayan desencadenado previamente la creación de estas sinapsis. Este tipo de plasticidad es temporal y está sujeta a modificaciones en función de la experiencia. (Siegel, 2016).

3. Plasticidad independent- experience: (Plasticidad independiente de la experiencia)

Corresponde a los cambios en el número y/ o función de las sinapsis que se dan como consecuencia de la expresión programada de determinados genes sin que se medie factores externos o experienciales. Este tipo permite una adaptación óptima de la conducta al medio cambiante. Estas experiencias constituyen un respaldo a las técnicas que se basan en la estimulación sensorial y el aprendizaje, si bien, este efecto (incremento de la sinapsis en las cortezas involucradas para el aprendizaje) es especialmente notable en los periodos “sensibles” o críticos del desarrollo temprano, aunque también se demuestran en el cerebro del adulto. (Castaño, 2002).

En la actualidad ambos términos se siguen utilizando, pero en ocasiones se emplea exclusivamente “experience-dependent” para referirse tanto a la plasticidad propia del desarrollo como a la plasticidad presente en el resto de la vida.



Resumen

En este capítulo se han abordado los principales conceptos sobre el neurodesarrollo temprano, tanto desde el punto de vista neuroanatómico como del punto de vista funcional. Se han analizado los principales procesos neuroanatómicos implicados en el desarrollo, cognitivo, motor, afectivo y funcional del niño. Así como los fenómenos de la plasticidad cerebral, implicados en este neurodesarrollo.

Glosario de términos

Apoptosis: consiste en provocar la muerte programada de diferentes células. Este proceso surge como consecuencia de un desarrollo adaptativo para conseguir un sistema nervioso eficiente.

Diferenciación: Proceso por el cual las células se vuelven más especializadas. En las primeras etapas del desarrollo embrionario las células son parecidas entre sí, pero se van especializando posteriormente y van adquiriendo características específicas al formar parte de diferentes estructuras del sistema nervioso.

Filogenia: Desarrollo histórico y genérico de una especie, es decir, cómo ha ido cambiando una especie a lo largo del tiempo

Heterocronía: proceso biológico que abarca a todos aquellos cambios en el ritmo de los procesos ontogenéticos que dan lugar a transformaciones de la forma y tamaño de los organismos.

Mielinización: recubrimiento de los axones con una vaina de mielina con la finalidad de permitir una adecuada transmisión de los impulsos nerviosos..

Neurogénesis: o también llamado proliferación, proceso que consiste en la división mitótica de células madre en el tubo neural para posteriormente producir neuronas y glía.

Neurulación: Proceso embrionario en el que se forma el tubo neural.

Migración celular: Realización de movimientos o desplazamientos masivos de células nerviosas, o de las células precursoras con la finalidad de establecer poblaciones diferenciadas de células nerviosas (capas de la corteza cerebral, núcleos subcorticales) parece ser que algunas células de sostén (glía) ayudan a guiar este proceso de migración celular.

Ontogenia: Estudio del desarrollo individual de un organismo.

Poda sináptica: Proceso de eliminación de las conexiones sinápticas que el cerebro no utiliza durante la etapa de desarrollo que transcurre en dos momentos evolutivos; en la infancia y en la adolescencia.

Potencial de acción: Onda de descarga eléctrica que viaja a lo largo de la membrana celular modificando su distribución de carga eléctrica. Necesaria para realizar la sinapsis eléctrica y posterior sinapsis química.

Sinaptogénesis: Establecimiento de conexiones sinápticas a medida que se va desarrollando el tejido neuronal y crecen los axones y dendritas.



Reorganización sináptica: Pérdida de algunas sinapsis y el desarrollo de otras nuevas con la finalidad de mejorar la eficacia de las conexiones sinápticas.

Bibliografía recomendada

Arroyo, H. A. (2017). Plasticidad cerebral y los trastornos del neurodesarrollo. En: Fejerman, N., Grañana, N. (2017). Neuropsicología infantil. Paidós.

Brailoswky, S., Stein, D.G., Will, B. (1998). El cerebro averiado, plasticidad cerebral y recuperación funcional. FCE, Conacty.

Coll, M. (2011). Plasticidad cerebral y experiencia: Fundamentos neurobiológicos de la educación. XII Congreso internacional de teoría de la educación. <http://www.cite2011.com/Ponencias/MColl.pdf>

García Madruga, J. A., Herranz Ybarra, P. (2010). El desarrollo biológico y motor. En: Del Val, J. (2010). Psicología del desarrollo. UNED.

Greenough, W., & Black, J. (1992). Induction of brain structure by experience: Substrate for cognitive development. En M. R. Gunnar & C. A. Nelson (Eds.), Minnesota symposia on child psychology 24: Developmental behavioral neuroscience (pp. 155-200). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Enseñat Cantalops, A., Roig Rovira, T., Garcia Molina, A. (2015). Neuropsicología pediátrica. Editorial Síntesis.

Fejerman, N., Grañana, N. (2017). Neuropsicología infantil. Paidós.

Kolb, B., Whishaw, I. Q. (2006). Neuropsicología Humana. Médica Panamericana.

Martínez-Morga, M., Martínez, S. (2016). Desarrollo y plasticidad del cerebro. *Revneurol*, 62 (Supl. 1): S3-S8.

Medina, M., A., Escobar B, M. I. (2004). Plasticidad neural y su relación con el sistema de transportadores de glutamato. *Asociación Colombiana de Psiquiatría*, núm. 1, (155S-164S).

McKay, K., Halperin, J., Schwartz, S y Sharma. (1994). Developmental analysis of three aspects of information processing: sustained attention, selective attention, and response organization. *Developmental Neuropsychology*, 10, 121- 132

Narbona, J., Crespo-Eguilaz, N. (2012). Plasticidad cerebral para el lenguaje del niño y el adolescente. *Revneurol*. 54 (Supl1): S127-S130.

Roselli, M. (2002). Maduración cerebral y desarrollo cognoscitivo. *Neurociencias y Funciones superiores. Seminario del doctorado en Ciencias Sociales, niñez y juventud.*



Sebastián Galles, N. (2012). Neurociencia educativa del desarrollo: El periodo pre-escolar. *Participación educativa*, Vol, 1: 33-38.

Ofen, N. (2012). The development of neural correlates for memory formation. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*; 36: 1708-1717.

Ortiz, T. (2018). *Neurociencia en la escuela: Hervat: investigación neuroeducativa para la mejora del aprendizaje*. Madrid. Ediciones SM.

