



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE MEDICINA
UNIDAD ACADÉMICA DE PARTERÍA Y OBSTETRICIA

Transformaciones neuropsicológicas durante el embarazo

Trabajo Final de Grado presentado para obtener el título de **Obstetra Partera**

AUTORA:
Crisia Duarte

TUTORA: Prof. Adj. Carolina Farías

CO TUTORA: Obst. Part. Katherine Sardeña

Montevideo, diciembre 2024

PÁGINA DE APROBACIÓN

FACULTAD DE MEDICINA

El tribunal docente integrado por los abajo firmantes aprueba el Trabajo Final de Grado:

Título: Transformaciones neuropsicológicas durante el embarazo**Modalidad:** Monografía X

Proyecto de Investigación

Autoras: Crisia Duarte**Tutora:** Prof. Adj. Lic. Ps. Carolina Farías.**Co Tutora:** Obst. Part. Katherine Sardeña**Carrera:** Obstetra Partera/o.**Puntaje / Calificación:** NOTA 12**Tribunal**

Prof. Adj. Carolina Farías



Obst. Part. Katherine Sardeña



Prof. Adj. Sofía Ramos



Asist. Obst. Part. Julia Roumas

Fecha: 02/12/2024

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi profundo agradecimiento a mi familia, a mi madre y mis hermanos, cuyo apoyo inquebrantable y amor incondicional han sido el motor que impulsó este viaje académico. Gracias por su paciencia, comprensión y aliento constante.

Agradezco a la persona que siempre creyó en mí, mi amado padre, aunque ya no esté físicamente entre nosotros. Su influencia y apoyo han sido el faro que ha guiado mi camino académico. Te extraño y te honro en cada página de esta monografía.

A mis queridos docentes, quienes han compartido su sabiduría y dedicado su tiempo a guiarme en este proceso de aprendizaje. Su orientación ha sido esencial para mi crecimiento académico y personal. Aprecio sinceramente su compromiso y pasión por la enseñanza.

A cada uno de ustedes, gracias por ser parte fundamental de este capítulo educativo. Este logro no habría sido posible sin el respaldo de mi familia y el invaluable aporte de mis estimadas docentes.

Estoy eternamente agradecido por el privilegio de contar con su apoyo y guía en este viaje educativo.

Celebrar este logro es un recordatorio de mi capacidad para alcanzar metas cuando me comprometo plenamente con ellas.

TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

1. TRANSFORMACIONES CORPORALES DURANTE LA GESTACIÓN

2. TRANSFORMACIONES NEURO-HORMONALES

3. TRANSFORMACIONES NEURO-PSICOLÓGICAS DURANTE LA GESTACIÓN

4. VÍNCULO MATERNO-FILIAL: INTEGRANDO PERSPECTIVAS CORPORALES Y NEURO-HORMONO-PSICOLÓGICAS

CONCLUSIONES

REFERENCIAS

RESUMEN

La maternidad es un evento transformador que impacta la vida a niveles social, psicológico y biológico, redefiniendo la estructura y función cerebral. Estudios de neuroimagen revelan que las adaptaciones fisiológicas durante el embarazo son esenciales para mantener las conductas protectoras y de cuidado durante la maternidad. El cerebro, como órgano mediador del complejo comportamiento maternal, despliega cambios dinámicos, demostrados mediante avanzadas técnicas de neuroimagen. Esta monografía resalta la compleja interacción entre las hormonas y los cambios cerebrales, enfatizando la plasticidad que se produce durante el embarazo.

La interacción hormonal guiada por estrógeno y progesterona, junto con la reducción de la materia gris en áreas clave, señala una preparación para las demandas maternas durante el proceso de gestación. Además, se aborda el desafío de explicar la depresión posparto y se explora el papel crucial de la oxitocina en el instinto materno, incluyendo la poda sináptica en adolescentes embarazadas. Dicho esto, el objetivo de esta monografía es analizar en profundidad la intersección entre cambios neuropsicológicos, plasticidad cerebral y adaptaciones hormonales en el embarazo y la maternidad, destacando su relevancia en el entendimiento de la experiencia materna desde una perspectiva científica.

Palabras clave: Maternidad, Plasticidad cerebral, cambios neuropsicológicos, hormonas.

ABSTRACT

Motherhood is a transformative event that impacts life on social, psychological, and biological levels, redefining brain structure and function. Neuroimaging studies reveal that physiological adaptations during pregnancy are essential for maintaining protective and caregiving behaviors during motherhood. The brain, as the organ mediating the complex maternal behavior, undergoes dynamic changes, demonstrated through advanced neuroimaging techniques. This monograph highlights the complex interaction between hormones and brain changes, emphasizing the plasticity that occurs during pregnancy.

The hormonal interaction guided by estrogen and progesterone, along with the reduction of gray matter in key areas, indicates preparation for the maternal demands during gestation. Additionally, the challenge of explaining postpartum depression is addressed, and the crucial role of oxytocin in maternal instinct is explored, including synaptic pruning in pregnant adolescents. With this in mind, the objective of this monograph is to deeply analyze the intersection between neuropsychological changes, brain plasticity, and hormonal adaptations in pregnancy and motherhood, highlighting its relevance in understanding the maternal experience from a scientific perspective.

Keywords: Motherhood, Brain plasticity, Neuropsychological changes, Hormones.

INTRODUCCIÓN

El embarazo es una etapa marcada por cambios fisiológicos y emocionales profundos. Esta transformación, no solo transforma el cuerpo de la persona gestante, sino que también deja una huella notable en su cerebro. El **proceso neurobiológico** se revela como una intrincada danza entre hormonas y neuroplasticidad, cuya comprensión no sólo arroja luz sobre la complejidad del fenómeno, sino que también destaca su impacto crucial en la salud materna y el desarrollo fetal.

Durante el embarazo, las hormonas, especialmente el estrógeno y la progesterona, experimentan aumentos significativos. Estos cambios hormonales desempeñan un papel fundamental en la remodelación cerebral, especialmente en regiones relacionadas con la regulación emocional y la memoria, como el hipocampo y la amígdala (Servin et al, 2023).

Un aspecto particularmente destacado es la reducción de la materia gris en áreas clave del cerebro, como se evidencia en estudios de resonancia magnética estructural (Barba-Müller et al, 2019). Este incremento en regiones asociadas con la empatía y la cognición social refleja la preparación del cerebro materno para el cuidado del recién nacido.

Además de los cambios estructurales, las variaciones hormonales influyen en la conectividad neuronal, modulando la comunicación entre regiones cerebrales y afectando la respuesta a estímulos emocionales y la regulación del estado de ánimo. Estudios indican que estas adaptaciones no solo persisten durante el embarazo, sino que también pueden tener efectos a largo plazo, influyendo en la salud mental y el bienestar materno en el postparto (Martínez et al, 2021).

A pesar de los avances en la comprensión de la interacción entre hormonas y neuroplasticidad durante el embarazo, persisten numerosas incógnitas que subrayan la necesidad de investigaciones continuas para descifrar los misterios de este fenómeno biológico único. La plasticidad cerebral durante el embarazo posee implicaciones significativas en el bienestar mental y emocional de la madre, así

como en su capacidad para enfrentar los desafíos de la maternidad (Barba-Müller et al, 2019).

Comprender estos cambios contribuye a la identificación y manejo de posibles problemas de salud mental perinatal, fortaleciendo la capacidad de los/as Obstetras Parteras para brindar atención personalizada, identificar y abordar problemas de salud mental, proporcionar apoyo emocional y participar activamente en la investigación y desarrollo de prácticas basadas en evidencia.

En este contexto, esta monografía explorará las capas más profundas de estos cambios, sumergiéndose en la metamorfosis física y neuropsicológica del embarazo.

En este sentido, nos planteamos cómo **objetivo general** de la monografía: **actualizar y enriquecer el conocimiento existente sobre las transformaciones cerebrales durante el embarazo**. Para lograr este objetivo general, nos apoyaremos en objetivos específicos más concretos, a saber:

- Investigar cambios neurobiológicos en el cerebro durante el embarazo.
- Analizar la literatura científica para comprender cambios estructurales y funcionales en el cerebro gestante.
- Explorar la interacción entre áreas cerebrales identificando modificaciones específicas durante el embarazo.
- Conocer la influencia hormonal en la formación del vínculo madre-hijo, analizando evidencia científica relevante.

Para el logro de estos objetivos, nos proponemos cómo **metodología**, realizar una revisión bibliográfica profunda a través de producciones teóricas y revisión de artículos académicos en los portales Science, Google Scholar, Neuroclass, Scielo, PubMed, BVSsalud, Timbó, entre otros. Se dará prioridad a la inclusión de libros académicos y artículos científicos recientes y relevantes, garantizando que la información recabada esté respaldada por evidencia científica sólida.

Los datos obtenidos, serán presentados en cuatro capítulos.

En el capítulo uno, se explicará en detalle los cambios corporales que ocurren a lo largo de las diferentes etapas de la gestación. Se analizarán los ajustes en la piel, que van desde la pigmentación hasta la elasticidad, los cambios que se dan en el peso corporal así como también se examinarán las modificaciones en la postura y la marcha, los cambios que se dan a nivel del útero, las modificaciones que experimentan las mamas, entre otros cambios.

En el capítulo dos nos adentraremos en la compleja interacción entre el sistema nervioso y las hormonas, explorando cómo estas últimas regulan diversas funciones corporales y afectan el estado de ánimo y el comportamiento. Se profundizará en los cambios estructurales y funcionales del cerebro que tienen lugar durante la gestación, destacando el papel clave de ciertas áreas cerebrales en el proceso de neuroplasticidad.

En el siguiente capítulo examinaremos detalladamente las transformaciones neuropsicológicas que se producen durante el embarazo, desde alteraciones en la memoria y la atención hasta modificaciones en la percepción y las emociones. Se explorará cómo estas transformaciones pueden influir en el comportamiento, las relaciones interpersonales y el bienestar psicológico tanto durante el embarazo como en el período postparto.

Por último en el capítulo cuatro abordaremos cómo las fluctuaciones hormonales durante la gestación influyen en la formación y el mantenimiento del vínculo entre la madre y el bebé. Se explorará la importancia de la oxitocina, la prolactina y otras hormonas en la promoción del cuidado maternal. Además, se discutirán las implicaciones de estos procesos hormonales para la salud mental y el bienestar emocional de la madre y el bebé a largo plazo.

Al finalizar la monografía, se presentará una síntesis que pone al día al lector respecto a los cambios estructurales del cerebro durante el embarazo, destacando

las principales conclusiones y proporcionando una visión integradora de los temas abordados.

1. TRANSFORMACIONES CORPORALES DURANTE LA GESTACIÓN

La gestación, un periodo que refleja los procesos esenciales para la formación y desarrollo de la vida, desata una serie de **transformaciones corporales** notables en todos los sistemas del cuerpo de la persona gestante. Estos cambios, meticulosamente orquestados por la biología, son cruciales para albergar y nutrir al feto en desarrollo. Explorar esta metamorfosis revela, no solo la asombrosa adaptabilidad del cuerpo humano, sino también la complejidad y singularidad de la reproducción. Diseñados para adecuarse al nuevo estado y satisfacer las necesidades del desarrollo fetal, estos cambios se manifiestan gradual y continuamente a lo largo del embarazo, persistiendo algunos más allá de este periodo. Algunos de estos cambios notables trascienden la mera apariencia y nos adentran en la fascinante complejidad del cuerpo materno en esta etapa única.

Estas transformaciones abarcan modificaciones en el tamaño abdominal, la forma y el tamaño de los senos, la ganancia de peso, así como aumentos hormonales notables, como estrógeno, progesterona y la Gonadotropina coriónica humana (hCG) entre otras. Cada uno de estos cambios desempeña un papel crítico en la creación de un entorno propicio para el crecimiento y desarrollo fetal (Cunningham et al, 2018).

Uno de los ajustes más impresionantes se observa en el **sistema cardiovascular**. Durante la gestación, el volumen sanguíneo de la persona gestante aumenta significativamente, una respuesta vital para satisfacer las crecientes demandas del feto en desarrollo. Este aumento en el suministro sanguíneo conlleva adaptaciones en el sistema cardiovascular, asegurando un flujo sanguíneo adecuado hacia la placenta, el epicentro de la nutrición fetal. Este fenómeno es fundamental para garantizar que el feto reciba los nutrientes necesarios para su desarrollo óptimo. En

el **sistema digestivo**, por su parte, pueden ocurrir náuseas, vómitos y reflujo gastroesofágico, marcando cambios adicionales durante la gestación (Cunningham et al, 2018). En simultáneo, el **útero**, el epicentro físico del embarazo, experimenta una expansión notable. Este órgano increíblemente adaptable no sólo crece para acomodar al feto, sino que también ejerce presión sobre estructuras circundantes. Este desplazamiento puede generar incomodidades, como pirosis y la dificultad para respirar, recordando constantemente a la persona gestante la increíble transformación que está teniendo lugar en su interior (Schwarcz et al, 2005).

Las **mamas** también se suman a esta sinfonía de cambios. En preparación para la lactancia, las glándulas mamarias aumentan de tamaño y los conductos galactóforos se expanden. Estas modificaciones son esenciales para asegurar que, una vez que el bebé nazca, la madre esté físicamente preparada para alimentarlo. Esta metamorfosis de las mamas no solo es un testimonio de la biología funcional, sino también un recordatorio de la asombrosa adaptabilidad del cuerpo para cumplir con su función reproductiva (Cunningham et al, 2018).

En cuanto a las adaptaciones que se producen en la **actitud y la marcha**, se puede observar un cambio en el centro de gravedad, proyecta la cabeza y el tronco hacia atrás, creando una lordosis lumbosacra que redefine la postura. La marcha se vuelve lenta, pesada y balanceada de manera única, marcando el inicio de una nueva dinámica física. Este cambio será paulatino pero constante a lo largo de la gestación (Schwarcz et al, 2005).

El **peso corporal** es otro de los indicadores que sufre visibles cambios durante la gestación. Se experimenta un aumento promedio de 11 kg al final del embarazo, acompañado de una distribución específica de la retención de agua en diferentes compartimentos del cuerpo. Estos cambios, aunque evidentes en la balanza, son mucho más que simples números; son una expresión tangible del cuerpo adaptándose para nutrir y sostener la vida en desarrollo (Cunningham et al, 2018).

La ligera elevación de la **temperatura basal corporal** desde el inicio del embarazo revela el intrincado papel de la progesterona y sus derivados en la hipertermia gravídica. Este cambio, aparentemente sutil, es una manifestación de la compleja red hormonal coordinada durante la gestación (Schwarcz et al, 2005).

Por su parte, la **piel (sistema tegumentario)**, lienzo visual de este viaje, experimenta transformaciones notables. La intensificación de la pigmentación facial, mamaria y abdominal añade una dimensión única a la belleza de la gestante. No obstante, la expansión cutánea, a pesar de presenciar el fenómeno biológico del embarazo, es posible que el cuerpo experimenta cambios físicos como las estrías, evidenciando las adaptaciones fisiológicas necesarias para el desarrollo y la nutrición del feto en gestación (Cunningham et al , 2018).

El desarrollo de **músculos** con hipertrofia e hiperplasia, especialmente en el dorso y el abdomen, revela la preparación del cuerpo para las demandas físicas del embarazo. El aumento del espesor de los cartílagos proporciona una mayor movilidad articular, adaptando el **esqueleto** para dar cabida al crecimiento del feto. Las modificaciones también son visibles en el **sistema renal**. Los cambios en los uréteres, con su dilatación, acodaduras y desplazamiento lateral, junto con las modificaciones anatómicas en riñones, vejiga y uréteres debido a la compresión del útero aumentado, subrayan la complejidad de la adaptación del sistema excretor (Schwarcz et al, 2005).

Por último, aunque no menos importante, debemos recordar que el **sistema reproductor** femenino experimenta una hipertrofia preparatoria para el parto. Ovarios, trompas y útero aumentan su tamaño, mientras que la vagina y la vulva se adaptan para facilitar el paso del feto al mundo exterior. Estos cambios, diseñados para albergar y dar a luz, son un testimonio de la increíble capacidad del cuerpo femenino (Tortora et al, 2006).

Estos ajustes fisiológicos, aunque temporales, demuestran la complejidad y adaptabilidad del cuerpo materno durante el embarazo. Cada cambio, desde el aumento de peso hasta la pigmentación cutánea, se convierte en un testimonio tangible de la extraordinaria travesía que es la gestación.

2. TRANSFORMACIONES NEUROHORMONALES

Durante el periodo gestacional, no solo se producen cambios significativos a nivel físico y emocional, sino que también se presentan transformaciones notables a nivel cerebral. El sistema nervioso, una maravilla de la biología, se adapta para satisfacer las demandas específicas de la gestación. Este sistema, que abarca desde funciones básicas como la respiración hasta procesos cognitivos complejos, se divide en dos componentes fundamentales: el sistema nervioso central (SNC) y el sistema nervioso periférico (SNP) (Kandel et al, 2001).

El SNC, liderado por el **cerebro y la médula espinal**, constituye el núcleo de nuestras capacidades cognitivas y motoras. El cerebro, en su papel de centro de comando, coordina una variedad de funciones que van desde el pensamiento abstracto hasta la coordinación motora. Por otro lado, la médula espinal, como una extensión del cerebro, desempeña un papel crucial como canal de comunicación entre el cerebro y el resto del cuerpo. Es a través de la médula espinal que se transmiten señales nerviosas que regulan desde movimientos simples hasta respuestas reflejas (Kandel et al, 2001).

En este contexto, la gestación desencadena adaptaciones específicas en el sistema nervioso de la persona gestante. Estos cambios están diseñados para optimizar la capacidad del cuerpo para llevar a cabo las funciones necesarias durante el embarazo y el parto. La investigación en neurociencia (Hoekzema et al, 2017) ha revelado una serie de ajustes neurobiológicos que tienen lugar durante este período, destacando la plasticidad del cerebro humano para adaptarse a nuevas circunstancias.

La comprensión de estos cambios a nivel cerebral es fundamental para apreciar la complejidad y la importancia de la maternidad desde una perspectiva neurocientífica. Al explorar cómo el sistema nervioso responde y se adapta a las demandas de la gestación.

Al enfocarnos en el SNP, resulta crucial reconocer su función fundamental como puente entre el SNC y el resto del cuerpo. Este sistema se divide en dos ramas principales: el sistema nervioso somático, responsable de nuestras acciones voluntarias, y el sistema nervioso autónomo, encargado de regular las funciones automáticas del organismo. A nivel microscópico, los elementos fundamentales son las neuronas, células especializadas que transmiten información mediante impulsos eléctricos y señales químicas, formando redes intrincadas y sinapsis que son la base de la comunicación neuronal (Kandel et al, 2001).

La complejidad del sistema nervioso va más allá de su estructura física. Este sistema no es solo un conglomerado de células y conexiones; es el centro de regulación de nuestra existencia. Controla nuestras respuestas a estímulos, el pensamiento y nos guía a través del laberinto de las emociones. Es importante resaltar la relevancia del sistema límbico, comprendiendo sus estructuras y funciones. El sistema límbico, es una red compleja de estructuras cerebrales interconectadas, desempeña un papel crucial en diversas funciones, desde las emociones hasta la memoria y la regulación del comportamiento. Incluye componentes como el hipotálamo, la amígdala, el hipocampo y otras estructuras, trabajando en conjunto para influir en nuestras respuestas emocionales y comportamientos. Este sistema es esencial para nuestra experiencia emocional y la formación de recuerdos, desempeñando un papel fundamental en la comprensión de la cognición y la conducta humana (Kandel et al, 2001).

El sistema nervioso humano está compuesto por varias estructuras cerebrales, cada una con funciones específicas que contribuyen al procesamiento de información, la regulación del cuerpo y la conducta. A partir de los desarrollados de Kandel et al

(2001) realizamos un desglose de algunas de estas estructuras y sus funciones principales:

Hipotálamo: Esta pequeña región del cerebro desempeña un papel crucial en el control de diversas funciones corporales, como la temperatura corporal, el metabolismo y el equilibrio hídrico. Además, el hipotálamo regula la liberación de hormonas a través de la glándula pituitaria, lo que lo convierte en una pieza central en el sistema endocrino.

Amígdala: Conocida como el centro de procesamiento emocional, la amígdala desempeña un papel fundamental en la respuesta emocional, especialmente en la percepción y procesamiento del miedo y la activación de respuestas de alerta. También contribuye a la formación y consolidación de recuerdos emocionales.

Hipocampo: Este componente esencial para la memoria, especialmente para la memoria a largo plazo y la memoria espacial. Además de su papel en la formación y recuperación de recuerdos, el hipocampo también está involucrado en procesos de aprendizaje, la navegación espacial y la orientación.

Giro Cingulado: El giro cingulado participa en el control emocional, la toma de decisiones y la atención. Además, conecta las áreas emocionales y cognitivas del cerebro, lo que facilita la integración de la información emocional en la toma de decisiones y la regulación del comportamiento.

Corteza Prefrontal: Esta región esencial del cerebro está involucrada en funciones ejecutivas superiores, como la planificación, la toma de decisiones y el control de los impulsos. Además, interactúa estrechamente con el sistema límbico para regular las respuestas emocionales y la conducta.

Núcleo Accumbens: Parte del sistema de recompensa del cerebro, el núcleo accumbens está implicado en la motivación, el placer y la adicción. La liberación de dopamina en esta región se asocia con la sensación de recompensa y el refuerzo de comportamientos que conducen a experiencias placenteras.

Tálamo: Actuando como una puerta de entrada para la información sensorial, el tálamo juega un papel crucial en la percepción sensorial y la transmisión de señales a regiones específicas del cerebro para su procesamiento adicional. Además, participa en la regulación del sueño y la atención.

Estas estructuras cerebrales forman parte del sistema límbico y están interconectadas para facilitar el procesamiento emocional, la regulación del comportamiento y la adaptación al entorno. Su coordinación y funcionamiento conjunto son fundamentales para la salud mental y el bienestar emocional de un individuo (Kandel et al, 2001).

A lo largo de los siglos, el escenario global se ha vuelto más desafiante y riesgoso, forzando tanto a depredadores como a presas a evolucionar para sobrevivir en un entorno implacable. En este contexto, las criaturas que han desarrollado sistemas de movimiento más sofisticados y una percepción aguda del entorno han asegurado su supervivencia. De manera análoga, los seres humanos dependemos de un cerebro dinámico y eficiente para adaptarnos a los cambiantes entornos. Este proceso, se conoce como "plasticidad cerebral", refleja la capacidad del cerebro para transformar su estructura y función. A través de la expansión o fortalecimiento de circuitos utilizados y la reducción de aquellos inactivos, la plasticidad cerebral se revela como un mecanismo de protección adaptativa fundamental (Delgado et al, 2022).

El científico español Santiago Ramón y Cajal (1852-1934), galardonado con el Premio Nobel de Medicina y Fisiología, concluyó que cualquier persona puede, en cierto modo, convertirse en el escultor de su propio cerebro (Ramón y Cajal, 1914). En las últimas décadas las investigaciones en el campo de la neurociencia le han dado, en parte, la razón. La investigación ha evidenciado la notable plasticidad del cerebro humano, a menudo comparado con un trozo de arcilla húmeda por su capacidad de adaptación. Contrario a la creencia anterior de que esta maleabilidad cesaba en la adolescencia, la neurociencia ha desafiado esa noción, revelando que el cerebro no es estático ni rígido. En cambio, entendemos que es altamente

maleable, capaz de ajustarse frente a experiencias, aprendizajes y desafíos ambientales. Esta capacidad de adaptación se manifiesta en diversas formas. Uno de los aspectos más estudiados de la neuroplasticidad es la plasticidad sináptica (Delgado et al, 2022).

Las sinapsis -zona de conexión entre las células cerebrales- se fortalecen o debilitan en respuesta a la actividad neuronal (Uzair et al, 2019). Este proceso, conocido como potenciación o depresión sináptica, es esencial para el aprendizaje y la memoria. A medida que se aprenden nuevas habilidades o se adquieren nuevos conocimientos, las conexiones neuronales se ajustan, creando redes más eficientes y especializadas.

Algunas generalidades de la neuroplasticidad cerebral, según Doidge (2007), incluyen:

Cambio Estructural: Implica cambios en la estructura cerebral, como la formación de nuevas conexiones sinápticas, el desarrollo de dendritas y la generación de nuevas neuronas en ciertas regiones. La neurogénesis, la formación de nuevas neuronas, ocurre en ciertas regiones del cerebro a lo largo de la vida, desafiando la creencia anterior de que la producción de neuronas estaba limitada a períodos específicos del desarrollo.

Adaptación Funcional: Además de cambios estructurales, la neuroplasticidad también se relaciona con la adaptación funcional del cerebro. Las áreas cerebrales pueden asumir nuevas funciones o ajustar sus actividades en respuesta a estímulos específicos. Por ejemplo, los estudios en músicos han demostrado cambios en áreas cerebrales responsables de la percepción auditiva y la coordinación motora, evidenciando cómo la práctica musical remodela el cerebro a nivel estructural y funcional.

Aprendizaje y Experiencia: La neuroplasticidad también está estrechamente vinculada a la capacidad de cambio en respuesta a experiencias emocionales. Los eventos emocionales intensos pueden dejar una huella duradera en el cerebro, afectando la percepción, la memoria y la respuesta emocional. La adaptación del cerebro a experiencias emocionales subraya la conexión íntima entre las

dimensiones cognitivas y emocionales de la plasticidad. Las actividades repetidas o experiencias significativas pueden inducir cambios plásticos en el cerebro, mejorando las habilidades cognitivas o motoras (Doidge, 2007).

Edad y Plasticidad: Este fenómeno no es exclusivo de la juventud; de hecho, la plasticidad cerebral persiste a lo largo de toda la vida. A medida que envejecemos, el cerebro sigue siendo maleable, susceptible de adaptarse a nuevos desafíos y aprendizajes. La participación en actividades cognitivamente estimulantes, el ejercicio regular y la interacción social pueden mantener y promover la plasticidad cerebral en la edad adulta, llevando así, desde ajustes en las sinapsis hasta la generación de nuevas neuronas, el cerebro es un órgano dinámico, moldeado por experiencias y desafíos.

Lesiones y Rehabilitación: La capacidad del cerebro para adaptarse se extiende a la recuperación después de lesiones. La plasticidad compensatoria puede permitir que áreas cerebrales no afectadas asuman funciones de regiones dañadas. Las áreas no dañadas pueden asumir funciones de las áreas afectadas, facilitando la rehabilitación.

Estímulos Ambientales: Factores como la estimulación cognitiva, el ejercicio y la interacción social pueden influir positivamente en la neuroplasticidad. Ambientes enriquecidos propician un entorno propicio para el desarrollo y la adaptación cerebral.

Plasticidad a corto y largo plazo: La neuroplasticidad puede manifestarse a corto plazo, como en el aprendizaje diario, o a largo plazo, donde los cambios estructurales y funcionales son más sostenidos.

En conjunto, estas generalidades resaltan la capacidad continua del cerebro para adaptarse y responder a las experiencias, lo que tiene implicaciones significativas en la educación, la rehabilitación y la comprensión de los trastornos neurológicos (Doidge, 2007).

Por otra parte, estudios realizados en mamíferos no humanos han proporcionado información sobre las transformaciones que se producen en la estructura del

cerebro durante el embarazo, a partir de las cuales se han podido especular sobre los cambios que ocurren en el cerebro materno humano. Por ejemplo, en ratas primíparas se ha observado una reducción del volumen cerebral el día 14 de lactancia, en comparación con ratas múltiparas (Oatridge et al, 2002).

Hasta la fecha solo se han realizado unos pocos estudios de los cambios que sufre el cerebro en el proceso de embarazo en mujeres humanas.

Uno de ellos se llevó a cabo con un pequeño grupo de control con una población de 9 mujeres embarazadas sanas y otro por 5 mujeres embarazadas con Síndrome Preeclampsia Eclampsia (SPEE), los resultados en base a imágenes de resonancia magnética (RM) mostraron que el cerebro materno disminuye de tamaño durante el **embarazo saludable** y aumenta de tamaño después del parto. Los ventrículos laterales aumentan de tamaño y disminuyen después del parto. El mismo patrón se observó en las pacientes con preeclampsia. En aquel entonces se desconocía el mecanismo preciso y la importancia fisiológica de los cambios (Oatridge et al, 2002). Años después, se llevó a cabo un estudio en la Fundación Instituto Mar de Investigaciones Médicas (IMIM) y la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) que empleó imágenes realizadas por resonancia magnética para investigar los cambios cerebrales durante el embarazo. Los resultados mostraron una reducción simétrica en el volumen de la sustancia gris en áreas específicas de la corteza cerebral en las gestantes, lo que se relaciona con la capacidad de establecer un vínculo con el bebé después del parto. Participaron 25 mujeres embarazadas y un grupo control de 20 mujeres no embarazadas. Los investigadores también observaron una disminución en la materia gris en regiones cerebrales implicadas en las relaciones sociales (Hoekzema et al, 2017).

Las imágenes obtenidas mediante resonancia magnética en la segunda sesión se compararon con las obtenidas antes de la concepción. Estas revelaron reducciones significativas en el volumen de sustancia gris cerebral durante el embarazo, los investigadores sugieren que dichos cambios perduran hasta dos años después del nacimiento. Esta reducción simétrica en el volumen de sustancia gris se da en la línea media cortical anterior y posterior, así como en sectores específicos de la corteza prefrontal y temporal en las mujeres embarazadas (Hoekzema et al, 2017).

Estas zonas forman un mapa o una huella que se asocia con los procesos implicados en las relaciones sociales. La reducción de la sustancia gris como cambio más evidente se daba en todas las gestantes y era exclusiva de ellas, lo que indica que probablemente se trata de un cambio debido a procesos biológicos del embarazo y no cambios relacionados con el nacimiento del bebé. Este resultado coincide con el obtenido por Oatridge et. al. (2002). Estos cambios estructurales no significan una pérdida de funciones ni de memoria, sino que es una selección de las mejores conexiones entre las células cerebrales (neuronas) como también sucede en la adolescencia. Hoekzema (2017) menciona que estos cambios que suceden a nivel cerebral, como el cambio en el tamaño del cerebro, son tan contundentes que permiten clasificar de forma correcta si una mujer ha estado embarazada entre periodos de tiempos distintos. Con este estudio se evidencia cómo la maternidad biológica altera ciertas zonas del cerebro relacionadas con las relaciones sociales. Además, los resultados de los estudios de neuroimagen en humanos se alinean estrechamente con los obtenidos en modelos animales no humanos (Hoekzema et al, 2017).

Más recientemente un estudio publicado en enero de 2024, por Paternina-Die y colaboradores exploraron la neuroplasticidad en mujeres primerizas durante el embarazo, el postparto temprano y el parto. Analizando datos de 110 madres en el período de posparto temprano y 34 nulíparas, encontraron que durante el embarazo tardío, las madres presentaban menor volumen cortical en todas las redes cerebrales, aunque esta disminución se atenuaba en el postparto temprano. La duración del postparto se relaciona con los cambios corticales, y se destacan modificaciones en la red cerebral, especialmente en la atención. Esto respalda la noción de una neuroplasticidad única asociada a la maternidad (Paternina et al, 2024).

Las transformaciones corporales durante la gestación también involucran cambios hormonales significativos. La progesterona y el estrógeno, entre otras hormonas, alcanzan niveles elevados para mantener el embarazo y facilitar el desarrollo fetal (Schiller et al, 2016). Estas hormonas no solo afectan el sistema reproductivo; también pueden tener efectos en cascada en otros sistemas del cuerpo. Algunas

gestantes experimentan alteraciones cognitivas, como cambios en la memoria y la concentración, que pueden estar vinculados a estos cambios hormonales (Botell, 2019).

Las fluctuaciones hormonales pueden influir en el estado de ánimo de la persona gestante, generando emociones que varían desde la euforia hasta la sensibilidad aumentada, ilustrando la interconexión entre los aspectos físicos y emocionales de este periodo (Servin et al, 2023).

En cuanto a los cambios hormonales mencionados anteriormente, uno de los primeros que se describe es la liberación de la hCG, conocida comúnmente como la hormona del embarazo. La hCG es secretada por las células que eventualmente formarán la placenta y es esencial para mantener el cuerpo lúteo en el ovario, asegurando la producción continua de progesterona, una hormona crucial en las primeras etapas del embarazo (Schiller et al, 2016).

La progesterona también desempeña un papel muy importante en la gestación. Producida por el cuerpo lúteo y, más tarde, por la placenta, la progesterona tiene múltiples funciones, incluida la preparación del revestimiento uterino para la implantación del óvulo fecundado y el mantenimiento del embarazo. También contribuye a la relajación de los músculos uterinos, evitando contracciones prematuras (Uzair et al, 2019).

Otra hormona clave durante el embarazo es el **estrógeno**, que experimenta un aumento significativo. Producido por la placenta, el estrógeno contribuye al desarrollo del feto, estimula el crecimiento de las mamas en preparación para la lactancia y tiene efectos en otros órganos y tejidos. Este aumento hormonal es responsable, en parte, de los cambios físicos notables, como el aumento del tamaño de las mamas y la pigmentación de la piel (Uzair et al, 2019).

La **prolactina** es otra hormona que desempeña un papel significativo durante la gestación. Producida por la glándula pituitaria anterior (adenohipófisis), la prolactina se eleva para preparar las mamas, el aumento hormonal se intensifica después del parto para facilitar la lactancia materna (Servin et al, 2023).

Los cambios en las **hormonas tiroideas** también son comunes durante el embarazo. La glándula tiroides experimenta adaptaciones para satisfacer las crecientes demandas del cuerpo y el feto. Las hormonas tiroideas son esenciales para el desarrollo cerebral del feto, y las fluctuaciones en estos niveles pueden afectar el bienestar materno y fetal (Servin et al, 2023).

A nivel emocional, los cambios hormonales también desempeñan un papel significativo. Las fluctuaciones en las hormonas como la **oxitocina** y la **dopamina** influyen en el estado de ánimo y la conexión emocional entre la madre y el feto. La oxitocina, conocida como la "hormona del amor", se libera durante el parto y la lactancia, fomentando los lazos afectivos y el vínculo emocional entre la madre y el bebé (Fernández et al, 2020).

Dichos cambios hormonales durante el embarazo son una sinfonía compleja que asegura el desarrollo adecuado del feto y prepara el cuerpo de la mujer para la maternidad. Desde la hCG inicial hasta la prolactina y las hormonas tiroideas, cada una desempeña un papel primordial en aspectos clave del embarazo. Comprender estos cambios hormonales es esencial para la salud materna y fetal (Servin et al, 2023).

3. TRANSFORMACIONES NEUROPSICOLÓGICAS DURANTE LA GESTACIÓN

¿Te has preguntado alguna vez cómo la llegada de un nuevo ser al mundo puede transformar no solo el cuerpo, sino también el cerebro de una persona? Esta interrogante nos sumerge en el fascinante mundo de la neuropsicología, donde exploramos los cambios que acontecen durante el embarazo y nos adentramos en un conjunto de adaptaciones cerebrales únicas. Este fenómeno, más allá de su complejidad biológica, arroja luz sobre la intersección entre la experiencia de la gestación y las transformaciones neuropsicológicas.

La relación entre las imágenes cerebrales y los cambios estructurales en mujeres embarazadas ha capturado la atención de la comunidad científica, revelando una trama fascinante de transformaciones neurológicas a lo largo de esta etapa única de la vida. Las modernas técnicas de neuroimagen, como la resonancia magnética funcional (fMRI) y la resonancia magnética estructural (MRI), han proporcionado una ventana sin precedentes al cerebro materno. Estas herramientas nos permiten observar cambios sutiles y significativos en la actividad y estructura cerebral durante el embarazo (Hoekzema et al, 2017).

Una de las observaciones más destacadas ha sido la reducción de la materia gris en regiones específicas. El hipocampo, vital para la memoria y el aprendizaje, muestra un aumento notable en su volumen. Esta expansión se vincula directamente con la preparación del cerebro para adaptarse a las demandas cognitivas asociadas con la maternidad. Asimismo, se evidencian cambios notorios en la amígdala, una estructura primordial en la regulación emocional, que experimenta alteraciones en su estructura durante el embarazo. Esto sugiere una adaptación del cerebro materno para procesar y responder de manera eficiente a los estímulos emocionales, contribuyendo al establecimiento de la conexión madre-hijo (Martínez et al, 2021).

Además de los cambios estructurales, las imágenes cerebrales revelan ajustes en la conectividad neuronal. Las sinapsis se reorganizan para mejorar la eficiencia y facilitar la adaptación cognitiva. Este proceso no solo influye en la capacidad de procesamiento de información de la gestante, sino que también sugiere una preparación intrínseca para las responsabilidades del cuidado infantil (Martínez et al, 2021).

Lo intrigante es que muchos de estos cambios no se limitan al periodo de embarazo, sino que persisten en el posparto (Hoekzema et al, 2017). La neuroplasticidad revela su papel continuo en la preparación de la madre para el cuidado y la conexión emocional con su hijo. Estos cambios neurológicos, documentados a través de técnicas de vanguardia, destacan la complejidad y adaptabilidad excepcionales del cerebro materno durante este periodo único de la vida. Estas observaciones no solo enriquecen nuestra comprensión del desarrollo cerebral, sino que también abren nuevas avenidas para intervenciones destinadas a promover la salud mental y el bienestar materno.

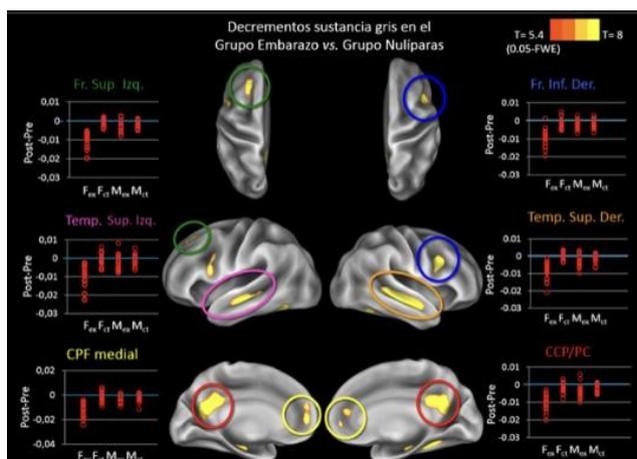
Según el psiquiatra Alberto Soler (2017) durante el embarazo ocurre una reestructuración cerebral con el propósito de facilitar a la madre el reconocimiento del estado emocional del bebé. Este proceso conlleva mejoras en ciertas funciones cognitivas, como una mayor **resistencia al estrés** y una mayor agudeza en algunos aspectos de la memoria. Además de estos cambios cognitivos, se producen alteraciones hormonales significativas, como el aumento de la oxitocina, que activa los circuitos de recompensa cerebral y está relacionada con el establecimiento del vínculo emocional entre madre e hijo. Asimismo, la lactancia puede desencadenar la liberación de sustancias naturales que poseen propiedades adictivas. Durante los primeros meses de gestación, el incremento en la producción de progesterona conlleva una reducción en la producción de cortisol. Todo este proceso ilustra la plasticidad neuronal.

Aunque esta plasticidad cerebral materna facilita un propósito superior, que es la continuación de la especie, no es necesariamente inocua y predispone a la madre o futura madre a trastornos mentales periparto. Es decir, la disminución de la sustancia gris **incrementa la sensibilidad al sufrimiento** y la empatía, permitiendo

a la persona gestante mejorar sus funciones sensoriales con el fin de prepararse para el cuidado del bebé. La sustancia gris, que alberga neuronas en áreas clave del cerebro, permite el control muscular, la percepción sensorial y las emociones, se ajusta para optimizar funciones esenciales. Aunque estas conexiones neuronales disminuyen temporalmente, se revierten después del parto (Hoekzema et al, 2017)

Un estudio publicado en *Nature Neuroscience* (Hoekzema et al, 2017) revela que la marcada reducción de la sustancia gris en áreas específicas de la corteza cerebral, se asocia con la cognición social, ésta retirada de conexiones neuronales fortalece la habilidad de empatizar, anticipar intenciones y comprender el estado mental del otro (Ver imagen 1).

Imagen 1: El embarazo provoca cambios duraderos en la estructura del cerebro humano.



Fuente: Hoekzema et al, 2017, pag 3.

La amígdala, una estructura que experimenta un significativo agrandamiento durante el embarazo sugiere una mayor capacidad para reconocer gestos faciales emocionales y peligros potenciales, esencial para la protección y el cuidado materno. Además, este cambio en la amígdala se relaciona con una disminución en los sentimientos de miedo, facilitando la toma de decisiones frente a estímulos durante la maternidad (Martínez et al, 2021).

También se evidencia un aumento de la glándula pituitaria o hipófisis, también conocida como "glándula maestra" por su influencia en diversas funciones corporales, desempeña un papel importante durante el embarazo, creando un vínculo emocional madre/hijo. Ubicada en la base del cerebro, la hipófisis experimenta transformaciones significativas para respaldar el desarrollo gestacional y el bienestar materno-fetal (Martínez et al, 2021).

Durante el embarazo, la hipófisis, como glándula endocrina, ajusta su funcionamiento para satisfacer las demandas cambiantes del organismo materno y el desarrollo fetal. Entre los cambios notables, se destaca el aumento en la producción de hormonas clave como la hormona luteinizante (LH) y la hormona estimulante del folículo (FSH). Estas hormonas, esenciales en la regulación del ciclo menstrual, experimentan un aumento para mantener el cuerpo lúteo activo, asegurando la producción continua de progesterona para mantener el endometrio y prevenir el sangrado menstrual (Botell et al, 2019).

Otra de sus funciones es modular la hormona del crecimiento (GH), crucial para el desarrollo fetal al contribuir al crecimiento de tejidos y órganos. También regula la hormona estimulante de la tiroides (TSH), incrementando gradualmente los niveles para asegurar un suministro adecuado de hormonas tiroideas, esenciales para el desarrollo neurológico del bebé durante el embarazo (Botell et al, 2019).

La prolactina, responsable de la producción de leche, experimenta cambios significativos. Durante el embarazo, la hipófisis aumenta la producción de prolactina, preparando las glándulas mamarias para la lactancia y garantizando la capacidad de la madre para alimentar al recién nacido después del parto. Estos ajustes hormonales subrayan la complejidad y adaptabilidad de la hipófisis para respaldar una gestación saludable (Servin et al, 2023).

También se observa una disminución del volumen del hipocampo, una región crítica para el aprendizaje y la memoria, es una transformación notable durante el embarazo. Esta reducción, aunque podría asociarse comúnmente con adultos que

padecen depresión, también se observa en mujeres embarazadas y se vincula a cambios en la función sináptica del hipocampo (Martínez et al, 2021).

Este encogimiento del hipocampo durante el embarazo tiene implicaciones en la memoria espacial y el proceso de aprendizaje, contribuyendo al fenómeno de olvido y despiste experimentado por muchas gestantes (Martinez et al, 2021).

Este impacto en la función cognitiva se atribuye a la influencia de hormonas clave durante el embarazo, especialmente la prolactina y la oxitocina. De manera sorprendente, tanto la prolactina como la oxitocina desencadenan transformaciones en el hipocampo que persisten hasta varios meses después del parto (Schiller et al, 2016).

Por otro lado, el hipotálamo desempeña un papel fundamental en la homeostasis, regulando la sed y el apetito, la satisfacción sexual, así como las emociones como la ira y la agresividad. Además, controla el SNA, encargado de funciones vitales como el pulso, la presión arterial, la respiración y las respuestas emocionales excitatorias. Esta estructura también juega un papel destacado en la memoria y la regulación emocional (Kandel et al, 2001).

Por otra parte, se da un aumento de la actividad del precúneo, estructura clave en la evolución cerebral del Homo Sapiens, desempeña un papel importante durante el embarazo. Este núcleo cerebral facilita funciones cognitivas que integran información interna y externa, permitiendo que la madre tome consciencia de los cambios en su cuerpo y se enfoque en el crecimiento de su hijo. El precúneo, una especie de nudo neural, sirve como área central donde convergen las señales de otras regiones cerebrales (Mariño et al, 2021).

En la corteza prefrontal, el giro cingulado, sufre un aumento de su actividad. Esta estructura se vincula con la formación de vínculos entre la madre y su bebé, el mismo está asociado con emociones como el enamoramiento hacia el bebé, la regulación emocional y la toma de decisiones. Al pertenecer al sistema límbico, el giro cingulado influye en el control de las emociones, siendo activado, por ejemplo, en situaciones emocionales como el llanto, una expresión típicamente humana (Kendel et al, 2001).

Siguiendo los planteos de Mariño (2021), se identifican distintos tipos de cerebros maternos, cada uno con adaptaciones específicas:

- Cerebro social: La maternidad mejora las habilidades para el lenguaje no verbal, fortaleciendo la conexión emocional entre madre e hijo.
- Cerebro sin miedo: Las hembras, tras el parto, exhiben agresividad y protección extremas, impulsadas por la amígdala, responsable de las reacciones de lucha y huida.
- Cerebro anti-estrés: La pérdida de sueño que experimentan las madres durante el primer año de vida del hijo puede afectar negativamente su salud y capacidades diarias; sin embargo, el cerebro materno se adapta para contrarrestar el estrés.

Estos cambios cerebrales no solo favorecen procesos socioafectivos, como el vínculo materno-filial, sino que también mejoran la cognición social, permitiendo a la madre interpretar las necesidades de su bebé mediante la decodificación de señales como sonidos y llantos infantiles, y estar alerta ante posibles amenazas sociales. En conjunto, estas adaptaciones cerebrales durante el embarazo se presentan como ventajas adaptativas para la madre y su descendencia.

Los cambios generados durante el embarazo tienen un impacto significativo en el cerebro de la mujer, y la literatura sugiere que estos cambios pueden persistir hasta seis años posparto (Martínez et al, 2021).

En este punto, es importante incorporar el concepto de **matrescencia**, una noción que ha cobrado prominencia en los ámbitos psicológico y sociológico. Acuñado por la psicóloga estadounidense Aurelie Athan, este término describe la metamorfosis integral que atraviesa una mujer al convertirse en madre. Este fenómeno va más allá de la mera maternidad biológica, abarcando las complejidades emocionales, cognitivas y sociales asociadas con la transición a la maternidad. Es un fenómeno neuroplástico, único en etapas específicas de la vida como la adolescencia y la

matrescencia, caracteriza una transición psicológica y emocional cuando una mujer se convierte en madre (Athán et al, 2016).

La matrescencia implica un cambio profundo en la identidad de la mujer. De ser una persona individual centrada en sí misma, la atención y el enfoque se desplazan hacia el bienestar y las necesidades del bebé. Este cambio identitario puede ser desafiante, ya que la mujer navega por la redefinición de sí misma en el contexto de la maternidad. A nivel emocional, se caracteriza por una montaña rusa de sentimientos. Desde la euforia y el amor incondicional hasta la ansiedad y la duda, las madres experimentan un espectro amplio de emociones que reflejan la complejidad de su nuevo rol. Incluye la adaptación a estas emociones cambiantes y la comprensión de que es normal sentir una amplia gama de sentimientos en este viaje (Athán et al, 2016).

La misma también abarca cambios cognitivos significativos. La mujer se enfrenta a la tarea de aprender a interpretar las señales de su bebé, desarrollar habilidades parentales y ajustarse a un nuevo ritmo de vida. La adaptación cognitiva implica la adquisición de conocimientos prácticos, pero también el desarrollo de una nueva forma de pensar, en la que la perspectiva materna influye en todas las decisiones y acciones.

Desde el punto de vista social, la matrescencia implica ajustarse a un papel en constante evolución en la sociedad. Las madres pueden sentir la presión de cumplir con expectativas culturales y sociales, al tiempo que equilibran sus propias aspiraciones personales. La matrescencia incluye la negociación de las complejidades de la crianza y la identificación de un equilibrio entre las demandas externas y las necesidades individuales. Al comprender y reconocer la matrescencia, la sociedad puede brindar un apoyo más efectivo a las personas gestantes en este viaje de transformación y crecimiento que es la maternidad (Athán et al, 2016).

Como se ha señalado previamente, desde el punto de vista neurobiológico, el proceso de la adolescencia y el embarazo comparten similitudes, en cuanto a la ventana temporal de plasticidad cerebral. Ambos son periodos críticos donde el cerebro experimenta remodelaciones estructurales y ajustes en las conexiones

neuronales. Sin embargo, cuando estos dos fenómenos coinciden, surgen preguntas interesantes sobre cómo se entrelazan y cómo afectan el desarrollo cerebral de la joven gestante (Carmona et al, 2019).

Durante la adolescencia, el cerebro está en pleno proceso de maduración, con áreas clave como el córtex prefrontal, responsable del control de impulsos y la toma de decisiones, aún en desarrollo. La llegada del embarazo a este escenario introduce cambios hormonales significativos, como el aumento de estrógeno y progesterona, que, en teoría, podrían modular la plasticidad cerebral de manera única (Criado, s/f; Carmona et al, 2019).

Las hormonas sexuales, conocidas por desempeñar un papel crucial en el desarrollo sexual y cerebral durante la adolescencia, ahora se ven inmersas en el complejo proceso de gestación. Este cóctel hormonal, que incluye también prolactina y oxitocina, desencadena eventos neurobiológicos que van más allá de la simple adaptación al embarazo. A medida que el cerebro depura conexiones neuronales menos utilizadas, se refuerzan las esenciales, optimizando funciones (Carmona et al, 2019).

Este proceso, asociado a la maduración del lóbulo frontal, incide en la toma de decisiones, la planificación y el control de impulsos. La adolescencia, ya marcada por una intensificación emocional, se ve aún más desafiada con el embarazo, añade una carga adicional, desafiando la habilidad de la joven madre para evaluar riesgos y planificar su futuro (Criado, s/f). La oxitocina, conocida como la "hormona del amor", desempeña un papel crucial. Su aumento durante el embarazo fortalece el vínculo madre-hijo, influenciando la formación de un apego seguro en la adolescente. Estudios indican que el embarazo en la adolescencia podría tener impactos duraderos en la estructura cerebral. **La plasticidad neuronal facilita la adaptación a las nuevas responsabilidades, pero también conlleva el riesgo de desafíos psicológicos, como la depresión posparto (Bowlby, 1952).**

4. VÍNCULO MATERNO-FILIAL: INTEGRANDO PERSPECTIVAS CORPORALES Y NEURO-HORMONO-PSICOLÓGICAS

El embarazo, más que un estado físico, se revela como un viaje intrincado que deja su huella no solo en el cuerpo, sino también en la estructura y función del cerebro de la gestante (Hoekzema et al, 2017; Carmona et al, 2019).

En este apartado, exploramos las consecuencias hormonales y la sorprendente plasticidad neuronal que convergen para moldear la experiencia cerebral única durante este periodo crucial. En el trasfondo de estos cambios también se despliega la armoniosa danza de las hormonas, encabezada por el estrógeno y la progesterona. Estos compuestos no solo regulan los procesos fisiológicos del embarazo, sino que también desencadenan una serie de eventos en el cerebro, aprovechando la extraordinaria capacidad de neuroplasticidad (Uzair et al, 2019).

Como se mencionó en los capítulos anteriores, la materia gris, que alberga las células neuronales, experimenta una reducción notable durante el embarazo, son regiones cruciales vinculadas a la empatía, memoria y procesamiento emocional, como el hipocampo y la amígdala, las mismas florecen en respuesta a las crecientes concentraciones hormonales. Este aumento en la densidad neuronal no sólo implica cambios estructurales, sino que también sugiere una preparación intrínseca para las demandas cognitivas y emocionales de la maternidad (Hoekzema et al, 2017; Barba-Muller et al, 2019).

Las conexiones sinápticas se reorganizan, guiadas por la sinfonía hormonal, influyendo en la respuesta del cerebro a los estímulos emocionales y fortaleciendo los cimientos de la intuición maternal. Dicho proceso no solo se limita a los meses de gestación; deja una huella que resonará en la salud mental de la madre incluso después del parto, destacando así la importancia de comprender y apreciar la complejidad de estas transformaciones cerebrales (Servin et al, 2023).

Comprender esta interacción entre hormonas y plasticidad neuronal no solo es un ejercicio científico intrigante, sino también un paso hacia intervenciones más

efectivas en salud materna. (Schiller et al, 2016). La comunidad científica considera que el embarazo es la etapa de mayor plasticidad cerebral en la vida, (Delgado et al, 2022) se considera una ventana temporal que hace que el cerebro esté más maleable, **esta maleabilidad se da por las fluctuaciones hormonales y la interacción con el bebé**. Las primeras van a preparar al cerebro para que se torne más plástico y la segunda ejercerá presiones para moldearlo y adaptarlo a las demandas de la nueva etapa que es el embarazo. Al igual que la adolescencia que es la transición de un niño a un adulto, la llamada matresencia, describe la transición de una mujer a la maternidad (Athán et al, 2016).

Ambos periodos -adolescencia y matresencia- son orquestados por **hormonas esteroideas** y durante el embarazo la mayor parte de los cambios **fisiológicos** son controlados por el sistema hormonal (Schiller et al, 2016).

El cuerpo de la persona gestante durante el embarazo está expuesto a niveles hormonales decenas de veces superiores a los niveles normales. Por ejemplo, los niveles de estrógenos que produce una mujer en los nueve meses de gestación superan a los que produce una mujer que no está embarazada a lo largo de toda su vida. Las principales hormonas implicadas son los estrógenos, progestágenos, prolactina y oxitocina (Fernández et al, 2020).

Investigadores del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (CONICET) en 2019, en un estudio publicado en la revista *Neuroendocrinology*, evaluaron como el estrógeno y la progesterona promueven el desarrollo de nuevas conexiones impulsando la plasticidad, interconexión y transmisión neuronal, con la formación de espinas dendríticas, estructuras fundamentales para la memoria, cognición y aprendizaje (Uzair et al, 2019).

Los registros cerebrales mostraron que las hormonas esteroideas como el estrógeno reduce simultáneamente la actividad basal de ciertas neuronas y las hace más excitables, mientras que la progesterona configura sus entradas, reclutando más sinapsis. **Hacer que estas neuronas fueran insensibles a las hormonas eliminó por completo la aparición del comportamiento maternal durante el embarazo**. Tanto las hembras que habían dado a luz por cesárea (CST), como las hembras vírgenes, una vez expuestas a las hormonas del embarazo eran capaces

de mostrar un comportamiento maternal, lo que sugiere que los cambios hormonales que se producen durante el embarazo podrían ser más importantes (Panksepp et al,1998).

Según Paanksepp (1998), el comportamiento maternal está arraigado en componentes biológicos fundamentales, especialmente durante los períodos cercanos al parto y posteriores al mismo. Aunque las interacciones socio-emocionales y cognitivas humanas también influyen en la configuración del comportamiento maternal, son los cambios en los componentes neuroquímicos, hormonales los que otorgan la intensidad emocional característica a estas experiencias. Este enfoque tiene sentido desde una perspectiva evolutiva, ya que las conductas maternas son esenciales para la supervivencia y, por lo tanto, están influenciadas por mecanismos biológicos hereditarios (Servin et al, 2023).

En estudios animales, principalmente ratas y ratones se han identificado dos momentos en los que este circuito maternal se activa, primero, durante el embarazo mediante acción hormonal y, en segundo lugar, luego del parto, con la interacción con las crías, desde el primer suspiro del recién nacido, la oxitocina despliega su influencia, marcando el inicio de una relación única (Servin et al, 2023).

La liberación de esta hormona durante el parto provoca contracciones uterinas, facilitando la llegada del bebé al mundo. Este acto inicial de sincronía biológica establece el tono para la conexión que se forjará en los momentos venideros (Bowlby,1952).

La oxitocina no se retira tras el parto; más bien, su producción persiste, extendiendo sus efectos a la lactancia materna. Durante la succión, tanto la madre como el bebé experimentan un aumento de oxitocina, intensificando la sensación de apego. Este ciclo refuerza el lazo emocional, construyendo una base sólida para la relación madre-hijo (Myers, 2011; Bowlby,1952).

La oxitocina no solo fluye durante los eventos físicos como el parto y la lactancia, sino que también responde a estímulos emocionales y sociales. El contacto piel con piel, las caricias y las miradas entre madre e hijo desencadenan liberaciones adicionales de oxitocina. Este sistema de retroalimentación positiva refuerza la

conexión afectiva, contribuyendo a la formación de recuerdos y asociaciones positivas (Myers, 2011).

Los beneficios de la oxitocina no se limitan al ámbito emocional, investigaciones sugieren que esta hormona desempeña un papel en la reducción del estrés, promoviendo la calma y la sensación de seguridad tanto en la madre como en el bebé. Además, se ha vinculado a la regulación del comportamiento maternal, aumentando la vigilancia y la sensibilidad hacia las necesidades del niño (Myers, 2011).

Sin embargo, como cualquier relato biológico, la historia de la oxitocina también aborda sus matices. Factores como el estrés crónico o experiencias traumáticas pueden influir en la liberación de esta hormona, afectando el desarrollo del vínculo materno-filial. Es esencial reconocer que cada historia es única y que la complejidad de la conexión madre-hijo se entrelaza con diversos elementos. Los centros de control de las emociones (amígdala cerebral) de la memoria y aprendizaje (hipocampo) y de la actividad sexual (hipotálamo) se modifican en función de las concentraciones cíclicas de esa hormona (Panksepp et al, 1998).

Con respecto a la neurobiología femenina, la acción genética y hormonal durante el proceso embrionario permite que se trace el mapa de las regiones cerebrales y con ello los circuitos neuronales innatos o primitivos. Antes del nacimiento queda establecida la organización general de las áreas anatómicas y funcionales en el cerebro, tanto femenino como masculino (Kandel et al, 2001). Las hormonas no solo activan el funcionamiento de determinadas áreas cerebrales, sino que también organizan los circuitos neuronales en esta etapa (Hoekzema et al, 2019).

Panksepp (1998) identifica varias sustancias clave que controlan los mecanismos del comportamiento maternal, como la **oxitocina**, la **prolactina** y los **opioides endógenos**. Estas sustancias, que actúan en el SNC, están involucradas en la promoción y el mantenimiento de comportamientos maternales de cuidado en numerosas especies, incluyendo humanos (Schiller et al, 2016).

Dicho eso surge la interrogante: ¿La oxitocina es la clave del vínculo materno?

La raíz del vínculo maternal, a menudo descrito como el "amor de madre", parece estar arraigada en el hipotálamo, específicamente en la región donde se produce la oxitocina. Este comportamiento, compartido por muchos animales incluyendo los seres humanos, se cree que reside en el área preóptica medial del cerebro, lo que corresponde a la parte anterior del hipotálamo. Investigadores como Craig Kinsley y Elisabeth Meyer (2012) en un artículo publicado en la revista "Investigación y Ciencia", han demostrado que lesiones en esta área pueden interrumpir los cuidados maternos en ratas, destacando así la importancia de esta región cerebral en el comportamiento maternal (Kinsley et al, 2012).

Biológicamente existen receptores de oxitocina que están presentes en el área del cerebro que se cree que está involucrado en la regulación del comportamiento materno, **la expresión de los receptores de oxitocina en estas células sólo está presente cuando los estrógenos también están presentes** (Uzair et al, 2019).

Esto implica que estas células están involucradas en la inducción del comportamiento materno (Myers, 2011). Por lo tanto, la oxitocina emerge como una narradora silenciosa pero poderosa en el vínculo materno-filial. Comprender y apreciar la función de la oxitocina nos invita a maravillarnos ante la conexión madre-hijo (Uzair et al, 2019).

Estudios longitudinales han demostrado un aumento de los niveles de oxitocina en madres y padres durante los primeros meses de convivencia con sus bebés, ese aumento se correlaciona con comportamientos de cuidado para con el mismo. Por su parte, la prolactina también desempeña un papel importante en la regulación del comportamiento maternal, al igual que los opioides endógenos, que no solo calman el dolor, sino que también generan sensaciones placenteras. Los circuitos neurales involucrados en estos procesos incluyen estructuras como la corteza cingulada, la amígdala y el hipotálamo. Además, existe un sistema neuroquímico específico para mediar las respuestas de separación, como el llanto en humanos o las vocalizaciones de crías separadas de sus madres en otras especies (Panksepp, 1998).

Los hallazgos de Panksepp (1998) sugieren que el comportamiento maternal está profundamente arraigado en la biología, con sustancias como la oxitocina, la prolactina y los opioides endógenos desempeñando un papel central en su regulación. En el Complejo viaje de la maternidad, el vínculo madre-hijo no sólo modula las redes neuronales del cerebro del niño, sino que también sirve como un propósito adaptativo fundamental para la supervivencia (Panksepp, 1998).

La neurociencia afectiva emerge como un campo prometedor, integrando conocimientos de Psicología, Psiquiatría y Neurofisiología del comportamiento, proporcionando un cierre revelador sobre la compleja relación entre el cerebro, las hormonas y las experiencias emocionales en el viaje hacia la maternidad (Panksepp, 1998).

Otro hallazgo importante es la **amnesia** que sucede en ese período. Según un artículo publicado en la *Revista Medical Journal of Australia* (Myers, 2011), la amnesia del embarazo, munnecia, o la llamada *placenta's brain* (cerebro de placenta). Señala que los cambios hormonales que experimenta la persona gestante son los culpables de los olvidos, los altos niveles de hormonas como la prolactina, el estradiol, la progesterona y el cortisol en el organismo de la embarazada, y principalmente la oxitocina. Es un padecimiento que afecta fundamentalmente a la embarazada en el tercer trimestre de gestación. Se caracteriza por la pérdida temporal de memoria vinculada a pequeños detalles (Botell, 2019) pues puede disminuir el rendimiento de la memoria y el funcionamiento ejecutivo. También incluye la realización de múltiples tareas de forma simultánea, esta es mediada también por las fluctuaciones hormonales que favorecen la aparición de protuberancias diminutas en las neuronas, denominada espinas dendríticas (Uzair et al, 2019), que aceleran el procesamiento de la información. Tal vez por eso Myers señala que las madres pueden convertirse en “multitarea” (Myers, 2011).

Durante la gestación, las fluctuaciones hormonales desencadenan cambios cerebrales que temporalmente afectan la memoria espacial y la multitarea, considerados adaptaciones maternas (Myers, 2011; Botell, 2019). Estos cambios hormonales también pueden alterar la salud mental de la madre. Cerca del segundo o tercer día postparto, aproximadamente el 85% de las madres experimentan

alteraciones en el estado de ánimo, como tristeza, irritabilidad, llanto fácil y dificultades para dormir, conocidas como "*baby blues*" (Andolina et al, 2022). Aunque similar a la depresión posparto, difiere en gravedad y duración. El *baby blues*, más leve y breve, suele durar hasta dos semanas, mientras que la depresión posparto puede surgir hasta un año después del parto y requiere tratamiento (Andolina et al, 2022).

La pregunta que surge es cómo conciliar estos cambios adaptativos con la depresión posparto. Aunque los cambios durante el embarazo preparan a la madre para la maternidad, la depresión posparto puede ser el resultado de una compleja interacción entre factores hormonales, genéticos, psicológicos y sociales, que requieren un abordaje multifacético para su comprensión y tratamiento.

Estudios han demostrado (Schiller et al, 2016) que existe una conexión entre una expresión alterada de los receptores de oxitocina y la depresión posparto. Las hormonas reproductivas se han asociado con la depresión perinatal debido a su rápido aumento de concentraciones y posterior descenso durante el embarazo y posparto (Bowlby,1952), además, por su relación con el procesamiento de emociones, motivación y cognición. Se ha observado que los estrógenos regulan el desarrollo, la maduración y la sobrevivencia de las nuevas neuronas en el cerebro adulto. Los efectos de los estrógenos sobre la neurogénesis y la plasticidad neuronal podrían estar regulados por los receptores de estrógenos, tanto el receptor alfa (REa) como el receptor beta (REb). Ambos receptores se expresan en el hipocampo del cerebro adulto. Así mismo, el hipocampo participa en procesos cognitivos y de memoria y existen evidencias que muestran la participación en la etiología de la depresión posparto (Schiller et al, 2016).

Durante este periodo, fluctuaciones hormonales y cambios neurobiológicos pueden influir en la actividad de la amígdala, contribuyendo a la vulnerabilidad emocional (Barba-Müller et al, 2019). La interconexión entre la amígdala y regiones como la corteza prefrontal puede desempeñar un papel importante en la regulación emocional durante la maternidad (Martinez et al, 2021). Comprender estos mecanismos podría abrir nuevas vías para intervenir en la prevención y tratamiento de la depresión posparto, mejorando así el bienestar materno y el desarrollo infantil.

Por otra parte, existiría un sistema con particularidades neuroquímicas propias destinado a mediar las respuestas de separación. La respuesta de este tipo, que más ha sido estudiada en diversas especies humanas como no humanas ha sido la que realiza la cría cuando es separada de su madre, o el llanto en el ser humano. Pero también hay otras como la pérdida de apetito, de sueño, la irritabilidad o la depresión (Bowlby, 1952).

Los nuevos aportes de la neurociencia nos han nutrido de nuevas concepciones sobre el funcionamiento del cerebro. Si nos situamos en el principio, en la formación del cerebro, encontramos que los cuidados, estimulación y el tipo de apego que recibe el bebé resultan fundamentales en la organización y la maduración del cerebro. Así como el sistema nervioso para la mente en desarrollo (Panksepp, 1998).

Adicionalmente, y apoyando la teoría de John Bowlby, diversas referencias han descubierto que el vínculo madre-hijo modula las redes neuronales del cerebro del niño. Contribuyendo, de esta forma, en la formación del cerebro, estructura y actividad neuronal. En su libro "*Mental care and mental health*" Señala que las áreas del cerebro identificadas, también son responsables de otras funciones, no simplemente del apego. Una advertencia más significativa, es que mientras los autores del estudio especulan que "los cambios estructurales del cerebro subyacen a la maduración de las redes neuronales y podrían facilitar el apego" estos cambios cerebrales pueden servir a un propósito adaptativo para la maternidad, es decir, cuanto más fuerte sea el apego materno-infantil, mayor será la probabilidad de que el niño sobreviva (Bowlby, 1952).

CONCLUSIONES

El embarazo es un período de transformación física y emocional única en la vida de una persona. Sin embargo, su impacto se extiende más allá del cuerpo, alcanzando el cerebro y la mente.

Desde una perspectiva neurocientífica, el embarazo desencadena una serie de cambios sorprendentes en el cerebro materno, revelando su notable plasticidad y capacidad de adaptación. La plasticidad neuronal se ve potenciada por hormonas como el estrógeno y la progesterona, que influyen en la densidad neuronal y la reorganización de las conexiones sinápticas, preparando al cerebro para las demandas cognitivas y emocionales de la maternidad. La poda neuronal, es un ajuste preciso en las conexiones neuronales. Aunque comúnmente se asocia con la pérdida de materia gris, la poda neural implica una reorganización cuidadosa que mejora funciones cruciales como la empatía y la interpretación de estados mentales. Este proceso no solo prepara a la madre para el cuidado infantil, sino que también fortalece los vínculos emocionales con su hijo (Hoekzema et al, 2017; Barba-Muller et al, 2019).

Además de la poda neural, el embarazo conlleva adaptaciones en la conectividad neuronal. Aumentos en la actividad de regiones como el precúneo y el giro cingulado indican una adaptación cognitiva para enfrentar las demandas del cuidado infantil. Al mismo tiempo, modificaciones en el hipotálamo y cambios en la amígdala señalan una preparación intrínseca para la regulación emocional y la conexión madre-hijo (Schiller et al, 2016).

Estas transformaciones reflejan la complejidad del cerebro materno en su respuesta a las nuevas demandas emocionales y cognitivas.

La conexión materno-filial es un tema fascinante que abarca la interacción entre las perspectivas neuro-hormonales, psicológicas y corporales durante el embarazo y la maternidad. Durante este periodo crucial, el cuerpo de la gestante experimenta una serie de cambios hormonales que no solo afectan su fisiología, sino también la

estructura y función de su cerebro (Carmona et al, 2019; Hoekzema et al, 2017). Es un proceso complejo que involucra una interacción única entre las perspectivas neuro-hormonales, psicológicas y corporales.

La persistencia de la neuroplasticidad en el posparto destaca la influencia de los factores hormonales y neurobiológicos, y cómo influyen en la salud mental materna, lo que subraya la importancia de comprender y abordar estos procesos desde una perspectiva integral, con el papel importante de la oxitocina como figura central en el instinto maternal (Carmona et al, 2019). Esta hormona está vinculada a la regulación del comportamiento maternal y afecta la expresión de los receptores de oxitocina. Los receptores de oxitocina se encuentran ampliamente distribuidos en el cerebro, incluyendo regiones como el hipotálamo, la amígdala, la corteza prefrontal y el sistema límbico, que son áreas involucradas en la regulación de las emociones y el comportamiento. Dichos receptores tienen fuerte asociación con la depresión posparto. La interconexión madre-hijo durante el embarazo y la adolescencia moldea las redes neuronales del cerebro infantil, destacando la importancia del vínculo temprano en el desarrollo cerebral y emocional del niño (Martinez et al, 2021).

La interconexión entre los cambios físicos y emocionales durante la gestación resalta la complejidad intrínseca de este proceso. Requiere un enfoque holístico para comprender y apoyar a las personas gestantes. Cada embarazo es único, y los cambios cerebrales pueden variar entre individuos. Por lo tanto, para los/as Obstetras Parteras, comprender estos cambios neurobiológicos es fundamental para proporcionar una atención integral durante el embarazo y el posparto. Un enfoque bio-psico-social que aborde tanto los aspectos físicos como emocionales del embarazo es esencial para garantizar el bienestar tanto de la persona gestante como del feto. Este conocimiento les permite identificar y abordar de manera efectiva problemas de salud mental materna, como la depresión posparto.

Este conocimiento neurocientífico tiene diversas **aplicaciones prácticas para los/as Obstetras Parteras**, como por ejemplo, su aplicación en la consejería

prenatal, y así educar a las personas gestantes sobre los cambios que experimentará en su cerebro durante el embarazo y cómo estos afectan su salud mental y emocional. Esto ayuda a preparar a las personas gestantes para los desafíos emocionales que puedan surgir durante el embarazo y el posparto, a su vez, detectar y manejar la depresión posparto, entender la relación entre los cambios cerebrales y la depresión.

A su vez, se pueden implementar estrategias de intervención temprana y derivar a las personas gestantes a servicios de salud mental cuando sea necesario; brindar un apoyo emocional, reconocer y validar las experiencias emocionales de las personas gestantes durante el embarazo y el posparto. Comprender los cambios cerebrales les permite ofrecer un apoyo emocional más compasivo y empático.

Concluyendo, el conocimiento de los cambios cerebrales durante el embarazo y la maternidad capacita a los/las Obstetras Parteras para proporcionar una atención más holística y centrada en la persona gestante, abordando tanto los aspectos físicos como emocionales del proceso.

REFERENCIAS

- Andolina, C; Colombo, C; Luhakova, V. (2022). *¿Qué es el Baby Blues y cómo se diferencia de la depresión posparto?*. Gruppo San Donato International <https://www.gsdinternational.com/es/noticias/baby-blues-what-it-is-and-how-it-is-different-from-postpartum-depression>.
- Athan, A. (2016). *Matrescence*. Education, Theory & Practice.
- Barba-Müller, E., Craddock, S., Carmona, S., & Hoekzema, E. (2019). Brain plasticity in pregnancy and postpartum period. *Archives of Women's Mental Health*, 22(2), 289–299. <https://doi.org/10.1007/s00737-018-0889-z>
- Bowlby, J. (1990). *El vínculo afectivo* (2ª ed.). Paidós.
- Botell, M., Sarduy, M. (2019). Amnesia en el embarazo. *Revista cubana de obstetricia y ginecología*, 45(1), 137-146.
- Carmona, S., Martínez, M., Paternina-Die, M., Barba-Muller, E., Wierenga, L., Alemán, Y., Pretus, C., Vidal, L., Beumala, L., Cortizo, R., Pazzabon, C., Picado, M., Lucco, F., García, D., Soliva, J., Tobeña, A., Pepper, J., Crone, E., Ballesteros, A., Vilarroya, O., Desco, M., Hoekzema, E. (2019). Pregnancy and adolescence entail similar neuroanatomical adaptations: a comparative analysis of cerebral morphometric changes. *Human Brain Mapping*, 40(7), 2143-2152. 10.1002/hbm.24513.
- Criado, M. (s.f.). *Poda neural: adolescencia y actividad cerebral*. <https://neuro-class.com/poda-neural-adolescencia-y-actividad-cerebral/>
- Cunningham, F. (2018). *Williams Obstetricia*, (ed 24) McGraw-Hill.
- Guadamuz Delgado, J., Miranda Saavedra, M., y Mora Miranda, N. (2022). Actualización sobre neuroplasticidad cerebral. *Revista Medica Sinergia*, 7(6), e829. <https://doi.org/10.31434/rms.v7i6.829>

Doidge, N. (2007). *The Brain That Changes Itself*. Viking Penguin.

Fernandez Lorenzo, & Olza, I. (2019). *Psicología del embarazo*. Síntesis.

Hoekzema, E., Barba-Müller, E., Pozzobon, C., Picado, M., Lucco, F., Garcia-Garcia, D., Soliva, J.C., Tobeña, A., Desco, M., Crone, E., Ballesteros, A., Carmona, S. & Vilarroya, O. (2017). Pregnancy leads to long-lasting changes in human brain structure. *Nature Neuroscience*, 20(2), 287-296. 10.1038/nn.4458.

Hoekzema E, van Steenbergen H, Straathof M, Beekmans A, Freund IM, Pouwels PJW, Crone (2022). Mapping the effects of pregnancy on resting state brain activity, white matter microstructure, neural metabolite concentrations and grey matter architecture. *Nature communications*, 13(1), 6931. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-33884-8>

Kandel, E., Schwartz, J., Thomas M. Jessell., Agud, A., Saudan, A., (2001). *Principios de Neurociencia*. McGraw-Hill

Kinsley, C; Meyer, E; Rafferty, K. (2012). Sex steroid hormone determination of the maternal brain: effects beyond reproduction. *Mini reviews in medicinal chemistry*, 12(11), 1063–1070. <https://doi.org/10.2174/138955712802762248>

Martínez-García, M., Paternina-Die, M., Desco, M., Vilarroya, O., & Carmona, S. (2021). Characterizing the brain structural adaptations across the motherhood transition. *Frontiers in global women's health*, 2, 742775. <https://doi.org/10.3389/fgwh.2021.742775>

Mariño, X. (2021). *Maravillas del cerebro*. Grupo Editorial Televisa.

Myers, D. (2011). *Psychology*. Médica Panamericana

Oatridge, A., Holdcroft, A., Saeed, N., Hajnal, J., Puri, B., Fusi, L., M. Bydder G. (2002). Change in brain size during and after pregnancy. Study in healthy

woman and woman with preeclampsia. *American Journal of Neuroradiology*, 23(1), 19-26.

Oliver, D. (2023). *El embarazo deja una huella en el cerebro humano que parece persistir de por vida*. <https://saludmentalperinatal.es/2023/05/04/susanna-carmona-el-embarazo-deja-una-huella-en-el-cerebro-humano-que-persiste-de-por-vida/>

Panksepp, J. (1998). *Affective Neuroscience*. Oxford: Oxford University Press.

Paternina-Die, M., Martínez-García, M., Martín de Blas, D., Noguero, I., Servin-Barthet, C., Pretus, C., Soler, A., López-Montoya, G., Desco, M., & Carmona, S. (2024). Women's neuroplasticity during gestation, childbirth and postpartum. *Nature neuroscience*, 27(2), 319–327. <https://doi.org/10.1038/s41593-023-01513-2>

Ramón y Cajal, S. (1913-1914). *Estudios sobre la degeneración y regeneración del sistema nervioso*. Editorial (s.n.).

Schwarcz, R., Fescina, R., & Duverges, C. (2005). *Obstetricia* (6ta ed.). El Ateneo.

Schiller, C., Johnson, S., Abate, A., Schmidt, P., Rubinow D.(2016) Reproductive steroid regulation of mood and behavior. *Comprehensive Physiology*, 6(3), 1135–1160. <https://doi.org/10.1002/cphy.c150014>

Servin-Barthet, C., Martínez-García, M., Pretus, C., Paternina Die, M., Soler, A., Khymenets, O., Pozo, O., Leuner, B., Vilarroya, O. (2023). The transition to motherhood: linking hormones, brain and behaviour. *Nature reviews. Neuroscience*, 24(10), 605–619. <https://doi.org/10.1038/s41583-023-00733-6>

Soler, A. (2017). *Cerebro de embarazada: Cómo cambia el cerebro durante el embarazo y la maternidad*. Centro de Psicología Alberto Soler.

<https://www.albertosoler.es/cerebro-embarazada-cambia-cerebro-embarazo-maternidad/>.

Tortora, G., & Derrickson, B. (2006). *Principios de Anatomía y Fisiología*. Médica Panamericana.

Uzair, I. D., Flamini, M. I., & Sanchez, A. M. (2019). Rapid Estrogen and Progesterone Signaling to Dendritic Spine Formation via Cortactin/Wave1-Arp2/3 Complex. *Neuroendocrinology*, 110(6), 535-551. 10.1159/000503310.