



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación

Trabajo Fin de Grado

**Estrés prenatal y
cambios cerebrales
posteriores**

Alumno/a: **Francisca Cordon Pareja**

Tutor/a: **Dña. Ángeles Agüero Zapata**

Dpto.: **Psicología**

Junio, 2023

ÍNDICE

1. RESUMEN / ABSTRACT	2
2. INTRODUCCIÓN	3
2.1 ESTRÉS	3
2.2 EL CEREBRO DE UN FETO EN DESARROLLO	7
3. FACTORES PRODUCTORES DE ESTRÉS EN FETOS	12
3.1 PRINCIPALES ESTRESORES MATERNOS	13
3.2 FASES DE MAYOR ESTRÉS PARA UN FETO	16
4. CAMBIOS CEREBRALES Y PROBLEMAS POSTERIORES CAUSADOS POR EL ESTRÉS PRENATAL	17
5. CONCLUSIÓN	22
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1. RESUMEN

El ser humano, desde el vientre materno hasta su vejez, puede sufrir estrés. El estrés prenatal es aquel que se produce durante la etapa gestacional. Éste interfiere en el desarrollo neuropsicológico del feto provocando daños irreversibles.

Los daños son producidos, en su mayoría, por la acción del cortisol en el ambiente intrauterino, durante la fase de desarrollo neuropsicológico del feto. En estas condiciones, el futuro bebé puede sufrir malformaciones y daños cerebrales ya que este periodo es extremadamente sensible a cambios y supone uno de los momentos más peligrosos para el correcto neurodesarrollo fetal.

En este Trabajo de Fin de Grado se estudiarán a fondo los procesos de estrés, así como aquellos necesarios para la formación del sistema nervioso dando a continuación, una visión detallada de los cambios y problemas cerebrales posteriores que pueden presentar aquellos sujetos que hayan sufrido las consecuencias del estrés durante su gestación.

Palabras clave: estrés prenatal, cortisol, daño cerebral, desarrollo neuropsicológico.

ABSTRACT

The human body can suffer stress from the mother's belly to the old. Prenatal stress is the kind of stress that is produced in the gestational phase and it can produce a very deep damage during fetus neuropsychological development.

The brain damage is mostly produced by cortisol. This hormone changes the intrauterine conditions and it can cause deformities in the fetus brain. The neuropsychological development phase is extremely sensitive to damage and that's why it can be one of the most dangerous moments of the fetus development.

This final work is about stress, how it is produced and how the nervous system is created. Also, all the changes and neuropsychological problems that stress causes are going to be explained at this work.

Key words: prenatal stress, cortisol, brain damage, neuropsychological development.

2. INTRODUCCIÓN

Incluso antes del nacimiento, el ser humano está expuesto al estrés y a sus consecuencias. Aunque éste sea un mecanismo desarrollado para permitir la supervivencia del individuo, cuando se presenta en etapas prenatales puede repercutir en momentos cruciales de la formación de futuro bebé, como por ejemplo en el desarrollo cerebral. Por eso, desde muy temprana edad, el estrés puede ser uno de los principales causantes de problemas neuropsicológicos.

2.1 ESTRÉS

El estrés es un estado de alerta fisiológico provocado por situaciones de alarma o alta demanda y que permite la supervivencia del individuo en situaciones de riesgo (Regueiro, 2018).

Considerando los distintos sistemas que componen el sistema nervioso autónomo, cuando una señal de alerta es detectada, el sistema nervioso simpático se activa poniendo en marcha los mecanismos necesarios para responder ante esta señal. Algunos de estos mecanismos son la liberación de adrenalina, la desviación de mayor cantidad de sangre a los órganos internos, la dilatación de las pupilas, el aumento de la presión arterial, el aumento de la frecuencia respiratoria y cardíaca así como una ralentización del proceso de digestión (Regueiro, 2018).

La respuesta ante esta señal de alerta provoca un gran descontrol en el organismo y es necesaria la actuación del sistema nervioso parasimpático. Éste se encargará de devolver al sistema nervioso y, en definitiva al organismo, a su estado original una vez dada una respuesta válida ante el estímulo de alerta inicial. Para conseguir esta vuelta al estado inicial, el ritmo cardíaco se desacelera, se dilatan los vasos sanguíneos con el consiguiente descenso de la presión arterial, se relajan los músculos, se reduce el tamaño de la pupila y se aumenta el nivel de jugos gástricos (Serrano, 2023).

Todas estas acciones suponen un esfuerzo realizado por el organismo y éste, a través de los mecanismos puestos en marcha por el estrés, puede contrarrestar los posibles efectos adversos del estímulo amenazante (Regueiro, 2018).

El problema reside en que el organismo determine que el esfuerzo realizado para contrarrestar la amenaza no ha sido el correcto para ello. Si el organismo decide que la respuesta dada no ha sido suficiente o no es válida, no habrá una vuelta al estado inicial y se producirá una prolongación del estado de alarma. Durante esta prolongación, se intenta de nuevo hacer frente al estímulo amenazante y dar una respuesta válida. Si después de varios intentos ésta no se produjese, el organismo entra en una fase de bajo rendimiento en

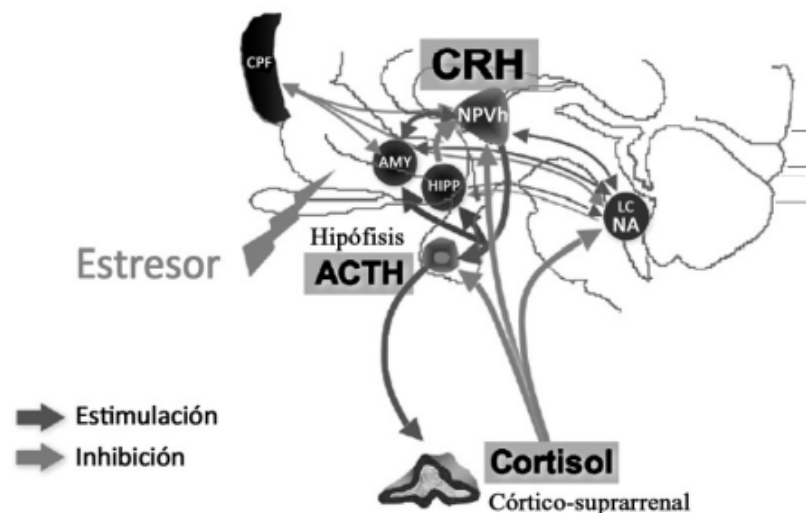
la que pierde su activación y por tanto su equilibrio. A partir de aquí es cuando el estrés se convierte en un problema, pudiendo interferir de manera significativa en el correcto funcionamiento del sistema nervioso (Regueiro, 2018).

Considerando el estrés como síndrome general de adaptación, podremos dividir sus fases en tres (Duval et al., 2010):

- Fase de alerta. En esta fase se produce la primera reacción ante el estímulo estresor, donde se libera adrenalina por la acción del sistema nervioso simpático sobre las glándulas suprarrenales. Esta sustancia tiene como objetivo aportar la energía suficiente en caso de que sea necesaria dar una respuesta urgente. Cuando esto se produce, hay una respuesta generalizada del organismo por la acción de la noradrenalina y se produce el aumento de la vigilia, así como el de la frecuencia cardíaca.
- Fase de resistencia o defensa. Esta fase solo se produce si el estrés es prolongado. En este caso, las glándulas suprarrenales secretan cortisol. La función principal de esta hormona es preservar los niveles de glucosa en sangre para que los distintos órganos y sistemas del organismo tengan disponible suficiente energía para responder ante el estresor.
- Fase de agotamiento. Solo se lleva a cabo si la situación estresante se vuelve persistente. Esto conlleva una alteración hormonal severa prolongada en el tiempo que tendrá como consecuencia alteraciones tanto fisiológicas como psicológicas. Ante esta situación, el organismo es incapaz de dar una respuesta útil ante el estrés. Todas las hormonas que éste ha producido y utilizado dejan de tener efecto paulatinamente, dando como resultado una gran cantidad de hormonas estresoras liberadas que provocarán graves efectos sobre la salud.

Este tipo de respuesta ante el estrés está determinada por el eje hipotálamo-hipófisis-corticosuprarrenal. Este eje regula la intensidad y prolongación en el tiempo de la respuesta de estrés, gracias a la información aportada por los glucocorticoides del hipocampo. El núcleo paraventricular situado en el hipotálamo es el encargado de integrar la respuesta final ante el estrés (Duval et al., 2010) (ver Figura 1).

Figura 1 *Funcionamiento eje hipotálamo-hipófisis-corticosuprarrenal* (Duval et al., 2010).



En esta imagen se aprecia cómo el núcleo paraventricular del hipotálamo (NPVh) es el que integra la respuesta final de estrés tanto para la estimulación como para la inhibición.

Para que se produzca la estimulación, las neuronas que se encuentran en el núcleo paraventricular del hipotálamo liberan corticotropina (CRH). Esta hormona estimula la producción de adrenocorticotropina (ACTH) en la hipófisis. La adrenocorticotropina finalmente estimula las glándulas suprarrenales que producirán cortisol, activando la respuesta ante el estrés (Duval et al., 2010).

En la inhibición, el cortisol es el que invalida su propia acción ya que anula la síntesis y liberación de la adrenocorticotropina y la corticotropina. Cuando el individuo encuentra una respuesta válida ante el estímulo amenazante, el cortisol actúa como una hormona “antiestrés” ya que detiene los procesos biológicos provocados por el estrés.

Siglas que aparecen en la Figura 1: CPF: córtex prefrontal, AMY: amígdala, HIP: hipocampo, LC: locus coeruleus y NA: noradrenalina (Duval et al., 2010).

En cuanto a salud se refiere, cuando una persona sufre estrés, es más probable que desarrolle enfermedades o achaques que antes no padecía y también que lleve a cabo conductas poco saludables (como dormir poco, llevar una mala alimentación, consumo de alcohol, tabaco y/o drogas y hacer menos deporte). Todo esto supone un deterioro en el estado de ánimo así como un gran impacto negativo en el correcto funcionamiento del organismo. Algunas de las manifestaciones y consecuencias más comunes del estrés son (Policlínica Maio, s.f.):

- Cansancio mental y problemas de memoria;
- Cansancio y deterioro físico;
- Dificultades en la conciliación del sueño;

- Dolor estomacal;
- Dolor de cabeza;
- Falta de concentración;
- Necesidad de recurrir a drogas como forma de relajación;
- Pérdida o disminución del apetito sexual;
- Subidas y/o bajadas repentinas de peso.

Todos estos síntomas pueden presentarse tanto por separado como en conjunto, haciendo que la calidad de vida de la persona se vea gravemente comprometida.

Además de todo lo citado anteriormente, el estrés altera cuatro grandes sistemas del cuerpo humano (Canal UniversidadVIU, 2014, 5m25s):

- Sistema Inmunológico
- Sistema Gastrointestinal
- Sistema Cardiovascular
- Sistema Nervioso

Cuando el estrés se vuelve continuo, cada uno de estos sistemas sufre cambios como la disminución de defensas en el sistema inmune, la alteración de los ácidos gástricos en el sistema gastrointestinal, el aumento de la presión arterial en el sistema cardiovascular y defectos en la producción y acción de neurotransmisores en el sistema nervioso (más concretamente en el cerebro) (Canal UniversidadVIU, 2014, 5m25s).

Cada uno de estos cambios pueden producirse por separado o conjuntamente, provocando un gran aumento del riesgo de padecer enfermedades asociadas a estos sistemas, e incluso daños irreversibles. Por todo esto, el estrés es uno de los principales asuntos a tratar en cuanto a la salud del ser humano, ya sea en sus primeras fases de existencia (como el periodo prenatal) o en fases posteriores.

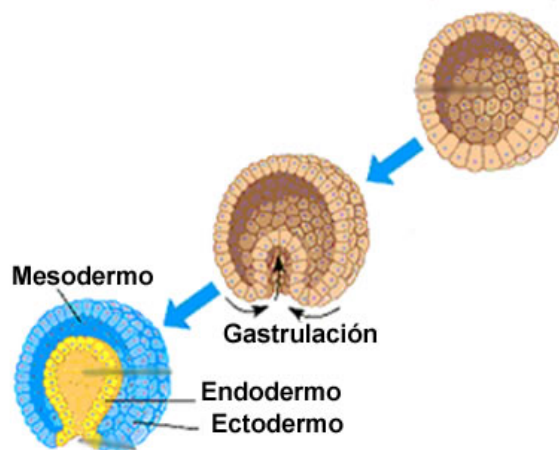
Incluso en el vientre materno, un futuro bebé puede sufrir las consecuencias del estrés. Hablamos de estrés prenatal cuando hay agentes estresores durante el periodo gestacional. Estos estresores intervienen de manera directa en el neurodesarrollo fetal sobre todo, entre las semanas veintisiete y veintiocho de embarazo ya que aquí es cuando el vínculo entre el feto y la madre es más fuerte (Glover et al., 2010).

Entre los estresores más destacados se encuentran el estrés emocional y/o psicológico, el físico, el hormonal o el provocado por el uso de sustancias nocivas como las drogas aunque trataremos sobre todos ellos más adelante (Policlínica Maio, s.f.).

2.2 EL CEREBRO DE UN FETO EN DESARROLLO

El desarrollo cerebral de un feto comienza con la fase de gastrulación (días 13 a 25), donde se empiezan a diferenciar tres capas de células: del ectodermo, el mesodermo y el endodermo. El ectodermo es la capa celular a partir de la que se formarán los tejidos externos como la piel, las uñas, el pelo, los dientes, las vías respiratorias, las glándulas mamarias y lo más importante, el sistema nervioso. La capa intermedia, el mesodermo, dará lugar a los tejidos intermedios como el sistema músculo esquelético, el sistema circulatorio, el sistema excretor, los órganos reproductores además de cartílagos, ligamentos y tendones. A partir del endodermo, se desarrollan los órganos internos más importantes como el origen del intestino, el hígado, el intestino, el páncreas, etc (Rosselli y Matute, 2012) (ver Figura 2).

Figura 2 Fase de gastrulación: formación del ectodermo, mesodermo y endodermo (Pérez, 2017).



Como se ha mencionado anteriormente, el ectodermo es la capa de la que deriva el sistema nervioso. Éste comienza su desarrollo en torno a los 18 días y el proceso consta de seis etapas esenciales:

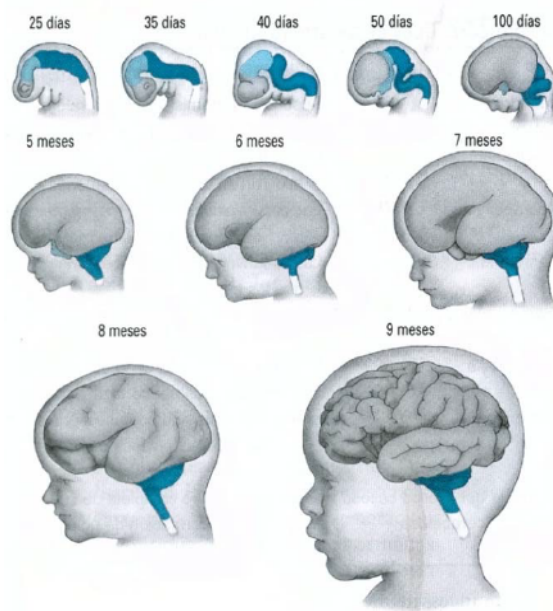
1. Morfogénesis
2. Histogénesis
3. Migración celular
4. Diferenciación celular
5. Sinaptogénesis
6. Mielinización

1. Morfogénesis

En esta etapa se forma el Tubo neural que posteriormente ocasionará la formación del Sistema Nervioso Central (encéfalo y médula espinal) y del Sistema Nervioso Periférico (nervios y ganglios nerviosos).

El Tubo neural se crea a partir de la unión de pliegues neurales procedentes del surco primitivo (línea media del ectodermo). Una vez creado, ya se pueden apreciar distintas vesículas (una anterior, otra intermedia y otra posterior) que, seguidamente, darán lugar al Prosencéfalo, el Mesencéfalo y al Rombencéfalo respectivamente. Más tarde, la distinción entre estas tres áreas será mucho mayor, ya que habrá cambios sobre todo en el Prosencéfalo (a partir del que se formarán el Telencéfalo y el Diencefalo) y en el Rombocéfalo (que constituirá la Protuberancia, el Bulbo raquídeo y el Cerebelo). Cabe destacar que el Mesencéfalo no experimenta grandes cambios (Rojas, 2020) (ver Figura 3).

Figura 3 *Etapas del neurodesarrollo: morfogénesis* (Rojas, 2020).

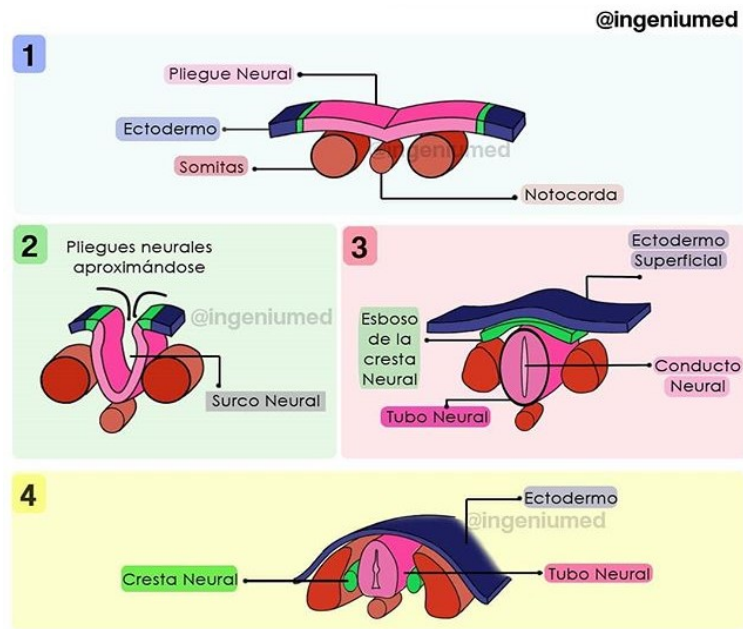


Para poder formar el Sistema Nervioso Periférico, algunas células del Tubo neural adoptan una posición distinta a la inicial formando la Cresta neural. Ésta dará lugar a la formación de Nervios y Ganglios (células agrupadas fuera del Sistema Nervioso Central). Hay dos tipos de Ganglios:

- Ganglios sensitivos espinales: encargados de transferir información sensorial a la médula espinal.
- Ganglios sensitivos cefálicos: encargados de transferir la información sensorial total de la cara.

A partir de aquí empiezan a formarse estructuras cada vez más complejas en el Sistema Nervioso (Rojas, 2020) (ver Figura 4).

Figura 4 *Formación del Tubo y la Cresta Neural* (Ingeniumed, 2019).



2. Histogénesis

Ésta es la etapa dónde se produce la proliferación celular. Mediante este proceso se forman los miles de millones de neuronas que conformarán el cerebro del futuro recién nacido. Éstas neuronas se forman a partir de una capa situada en la parte interna del Tubo neural llamada Neuroepitelio. Cuando este se desarrolla, experimenta un cambio progresivo que terminará con la formación de tres capas distintas: la capa ventricular (más profunda), la capa intermedia o manto y la capa marginal. Una vez formado por completo, el Neuroepitelio se encargará de la creación de las neuronas, de células gliales así como de la producción de células madre (Psicocode, s.f.) (ver Figura 5).

Figura 5 *Neuroepitelio* (Psicocode, s.f.).

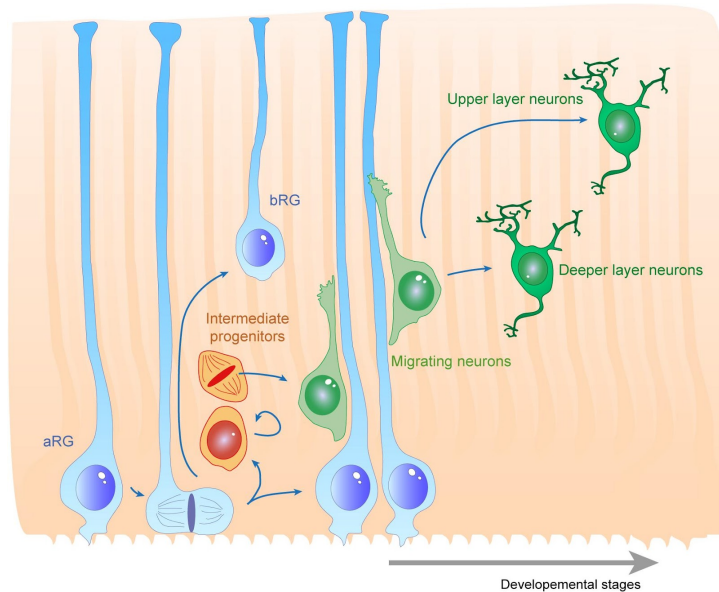


3. Migración celular

La migración celular consiste en el desplazamiento de las nuevas células nerviosas creadas en el Neuroepitelio hasta su ubicación definitiva en la corteza. Durante esta fase, las neuronas no se mueven de forma aleatoria sino que se trasladan a lo largo de la superficie de un tipo de célula glial conocido como glía radial (Duque Parra et al., 2021). Las neuronas

que se forman posteriormente no cambian de ubicación gracias a la glía radial, sino que lo hacen mediante los axones de las neuronas ya formadas. Por eso, las neuronas que se forman posteriormente ocupan capas más externas mientras que las primeras ocupan capas más internas (Feret et al., 2020) (ver Figura 6).

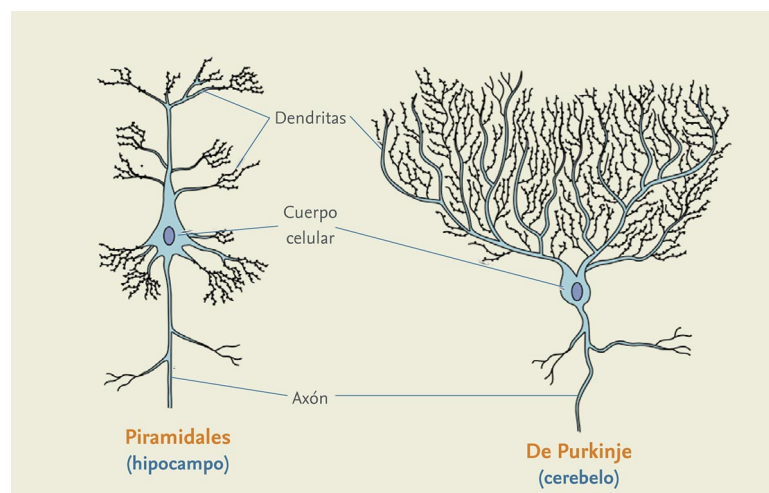
Figura 6 *Glía Radial: apariencia y función* (Feret et al., 2020).



4. Diferenciación celular

Una vez que las neuronas se han trasladado correctamente hasta su nueva ubicación, comienza el proceso de diferenciación celular. En este proceso las neuronas no especializadas e inmaduras empiezan a cambiar su apariencia y función de manera que adoptan las características de las neuronas de la región en la que se encuentran, volviéndose neuronas especializadas y maduras (Instituto Nacional del Cáncer, s.f.) (ver Figura 7).

Figura 7 *Ejemplos de diferenciación neuronal: neurona del Hipocampo y neurona del Cerebelo* (Elsevier, 2018).



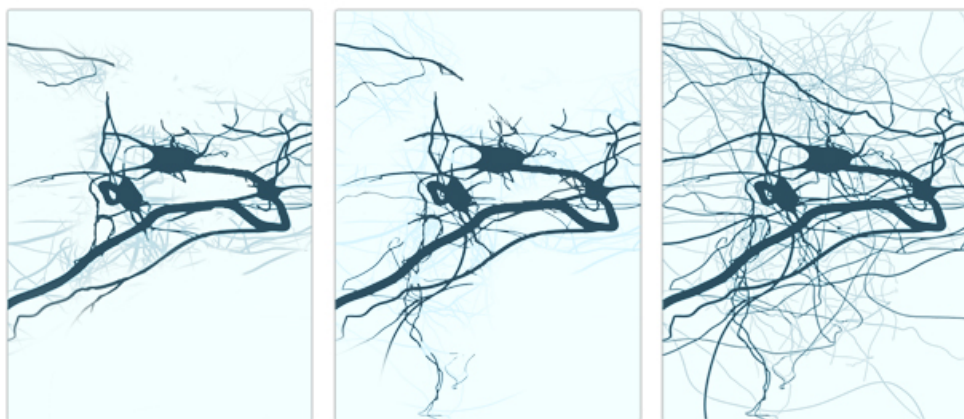
5. Sinaptogénesis

Para que las neuronas puedan enviar y recibir información a través de impulsos nerviosos, es necesario la creación de sinapsis. Para llevar a cabo este proceso, son necesarias seis fases (Rojas, 2020):

- Fase de reconocimiento
- Fase inductiva
- Fase de diferenciación
- Fase de maduración funcional
- Fase de mantenimiento
- Fase de plasticidad sináptica

Primeramente, en la fase de reconocimiento, las neuronas extienden sus axones y dendritas en busca de posibles conexiones. Una vez que los axones y las dendritas deciden qué lugar ocupar, comienza la etapa inductiva en la que se pone en marcha la creación de vesículas, tanto presinápticas como en postsinápticas, ya que éstas serán las encargadas de enviar y recibir la información a través de los neurotransmisores. Además, en esta etapa comienzan las uniones sinápticas entre las neuronas dando así comienzo al proceso de interacción. Después, comienza la fase de diferenciación. En esta fase, las dendritas experimentan cambios funcionales que llevarán a la neurona a especializarse en la presinapsis o en las postsinapsis. A continuación se produce la fase de mantenimiento en la que las sinapsis se vuelven más eficaces y estables. Y, por último, en la fase de plasticidad sináptica, se producen cambios estructurales debido a estímulos externos. Esta última fase no viene determinada genéticamente sino que es el ambiente y los estímulos externos la que la hacen posible (Rojas, 2020) (ver Figura 8).

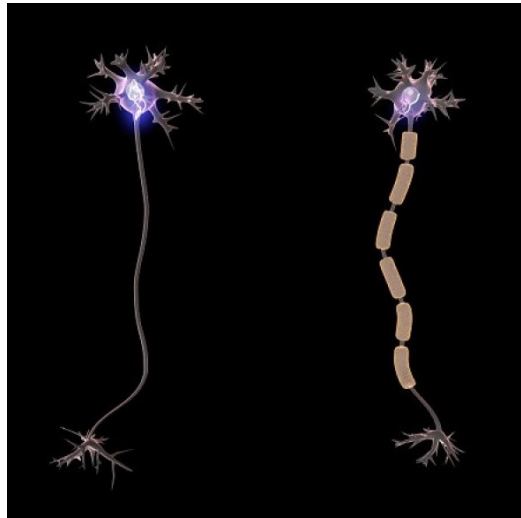
Figura 8 *Formación de conexiones entre neuronas, diferentes estadios (de menos a más)* (CogniFit, 2023).



6. Mielinización

La mielinización es el proceso por el cual se produce el recubrimiento de los axones de las neuronas con mielina. La mielina es una sustancia aislante compuesta por proteínas y sustancias grasas. Esta sustancia acelera la transmisión de impulsos nerviosos y los hace más eficientes (MedlinePlus, s.f.) (ver Figura 9).

Figura 9 *Neuronas sin mielina y con mielina respectivamente* (Carrillo, 2019).



Cada una de las etapas citadas anteriormente es sumamente importante para el correcto desarrollo cerebral del feto. La exposición al estrés en estas etapas, consideradas críticas para el neurodesarrollo, por tiempo prolongado puede causar (Brachetti et al., 2020):

- Anomalías funcionales en los neurotransmisores;
- Funcionamiento anormal de las células gliales;
- Alteraciones en la etapa de migración;
- Proliferación anómala.

Cabe destacar que un recién nacido dispone de todas las neuronas que va a tener disponibles para toda una vida. Por eso es tan importante el estrés prenatal, porque puede provocar daños irreversibles durante la formación del sistema nervioso.

3. FACTORES PRODUCTORES DE ESTRÉS EN FETOS

Desde la antigüedad, se ha relacionado el estado emocional de la madre embarazada con la salud del futuro bebé, aunque no ha sido hasta épocas posteriores cuando se ha empezado a estudiar el estrés materno como causante de enfermedades fetales. El periodo prenatal es especialmente vulnerable ya que las interacciones que se

puedan producir entre el genoma y el ambiente pueden provocar cambios en las estructuras que están siendo creadas y en las futuras funciones de las mismas (Béjar-Poveda y Santiago-Vasco, 2017).

Como bien se ha descrito anteriormente, el estrés produce cambios en cuatro importantes sistemas del cuerpo humano (Inmunológico, Cardiovascular, Gastrointestinal y Nervioso) y al igual que se producen cambios en la madre, se pueden producir cambios en el feto. Las hormonas producidas por el estrés en la madre afectan negativamente al desarrollo del sistema nervioso del feto.

Las condiciones intrauterinas también pueden causar estrés al feto. Un ambiente intrauterino adverso como falta de oxígeno, daño físico o niveles elevados de cortisol en la placenta puede provocar el incorrecto desarrollo del cerebro (Gaviria A, 2006).

3.1 PRINCIPALES ESTRESORES MATERNOS

Durante la gestación, puede haber numerosos estresores que afecten a la madre y que produzcan en ella efectos negativos. Esencialmente, hay dos tipos de estresores que la mayoría de gestantes manifiestan haber sufrido: los estresores psicosociales (más de un 30% de mujeres los sufren) y los estresores relacionados con el embarazo (Walsh et al., 2019).

Los estresores psicosociales afectan a toda la población, pero en especial, a las embarazadas por su delicada situación. Éstos suelen ser causados por (Pinto Dussán et al., 2010):

- Incertidumbre laboral: ya que algunas madres no saben con seguridad si conservarán su puesto de trabajo.
- Preocupación por la economía: al tener un bebé, la mayoría de padres ponen más atención al dinero.
- Problemas en el matrimonio o en la pareja: ya que pueden existir discrepancias sobre aspectos importantes como el método de crianza.
- Discriminación y racismo: la mayoría de mujeres sufren discriminación laboral cuando están embarazadas ya que tienen que abandonar su puesto de trabajo durante algunos meses.
- Eventos puntuales como guerras, desastres naturales, pandemias, etc.: son eventos que normalmente son impredecibles y que provocan mucha incertidumbre.
- Sucesos vitales como el divorcio o la muerte de algún familiar cercano: éstos sucesos suelen ir acompañados de un estado emocional deprimido prolongado.

- Cambios drásticos: como cambio de vivienda o trabajo ya que producen inestabilidad.
- Contrariedades cotidianas que impliquen ajustes diarios: como dormir cada vez en un sitio o trasladarse continuamente de lugar.

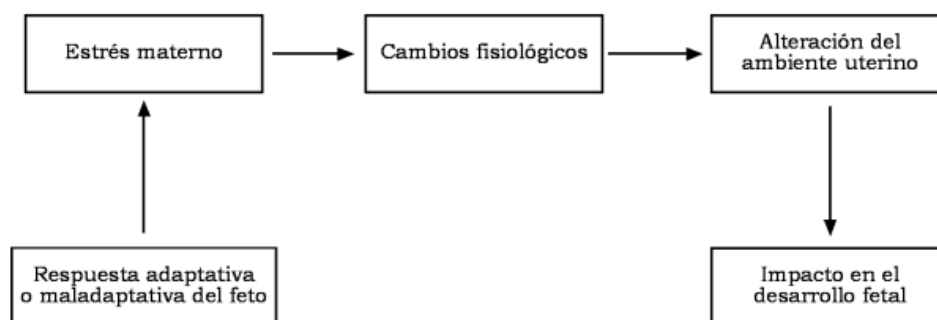
Los estresores relacionados con el embarazo más comunes son dos (Pinto Dussán et al., 2010):

- Malestar físico generalizado: como dolores de espalda, dolores de rodillas, necesidad continua de ir al baño, náuseas, vómitos, hinchazón, sudoración excesiva y/o cansancio prolongado e intenso.
- Vulnerabilidad emocional: causada por el descontrol hormonal además de la incertidumbre sobre lo que ocurrirá en el parto y la salud del futuro bebé.

Todos los elementos citados anteriormente provocan estrés en la madre pero no directamente en el feto.

Para que el estrés se transfiera al feto por medio de la placenta, es necesario que no sea solo un problema psicológico, sino que afecte también fisiológicamente a la embarazada (véase figura 10). Esto parece estar directamente relacionado con el cortisol u hormona del estrés (Zschimmer & Schwarz, 2023).

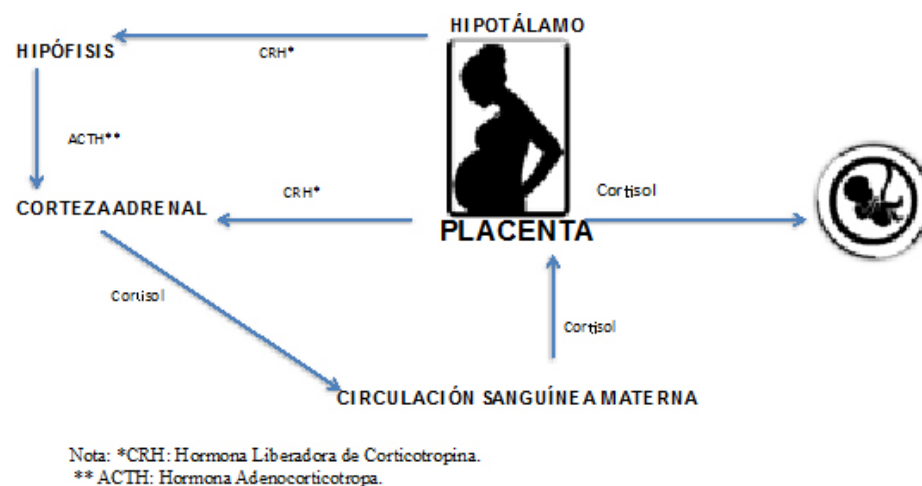
Figura 10 *Cómo afecta el estrés materno al feto* (Gaviria A, 2006).



Esta hormona glucocorticoide interviene activamente en los mecanismos de estrés citados anteriormente (véase página 4). Cabe destacar que esta hormona siempre está presente en el organismo ya que su liberación sigue un ritmo circadiano: se incrementa durante el día (para afrontar exitosamente posibles amenazas) y se reduce en la noche (Zschimmer & Schwarz, 2023).

El problema reside en que en embarazadas, los niveles de cortisol suelen ser más elevados de lo normal. Esto ocurre debido a cambios fisiológicos que se producen sobre todo en el último trimestre del embarazo y que como resultado tienen el aumento de cortisol en la sangre (el triple de lo habitual). La causa de que esto ocurra es el aumento de estrógenos por el embarazo, además de la liberación de corticotropina por parte de la placenta. La corticotropina es una hormona secretada por la hipófisis que estimula las glándulas suprarrenales encargadas de la secreción de cortisol. Todo esto crea un sistema de retroalimentación en el que la corticotropina liberada por la placenta estimula la hipófisis, que a su vez estimula las glándulas suprarrenales responsables de la liberación del cortisol, aumentando así su concentración considerablemente (Francesca Elia, 2017) (ver Figura 11).

Figura 11 Sistema de retroalimentación de cortisol en embarazadas (Caparros Gonzalez et al., 2018).



Por otra parte, algunas mujeres antes del embarazo hacen uso de sustancias nocivas como las drogas, el tabaco o el alcohol como método de evasión para contrarrestar los efectos cotidianos del estrés. Con el comienzo de la gestación, la mayoría de ellas, evitan estar en contacto con estas sustancias aunque no todas lo hacen o lo consiguen. Cuando esto ocurre, el alcohol, el tabaco o las drogas afectan directamente al futuro bebé en diversos ámbitos siendo algunos de ellos (Healthwise, 2022) :

- El tamaño fetal;
- El funcionamiento de algunos órganos vitales como el corazón o los pulmones;
- Problemas físicos, psicológicos y emocionales;
- Problemas de aprendizaje;
- Problemas en el desarrollo y funcionamiento cerebral.

Por todo esto, cuando la embarazada utiliza sustancias nocivas para disminuir los efectos del estrés cotidiano, no solo empeora su estado de estrés, sino que perjudica gravemente al feto.

3.2 FASES DE MAYOR ESTRÉS PARA UN FETO

Aunque dentro del útero el feto dispone de todo lo necesario para desarrollarse correctamente, existen momentos o fases especialmente delicadas que podrían afectar a ese entorno ideal y a la salud del futuro bebé.

Durante el embarazo hay periodos de desarrollo considerados críticos. Estos lo son porque coinciden con la formación de alguna estructura importante del futuro bebé y si surge alguna complicación, como la aparición de estrés, podría ocasionar daños irreversibles que variarán dependiendo del periodo en que se encuentre la gestación. Además, durante los periodos críticos de desarrollo, tanto el cuerpo materno como el cuerpo en formación del futuro bebé son extremadamente sensibles a los daños (MotherToBaby, 2021).

Como bien puede observarse en la Figura 12 y como ya se ha descrito anteriormente, es durante las últimas fases del periodo fetal cuando se desarrolla el Sistema Nervioso Central. Por este motivo, es considerado como una de las fases más sensibles al estrés ya que no solo terminan de madurar algunas estructuras creadas con anterioridad sino que afecta al surgimiento de prácticamente todo el Sistema Nervioso.

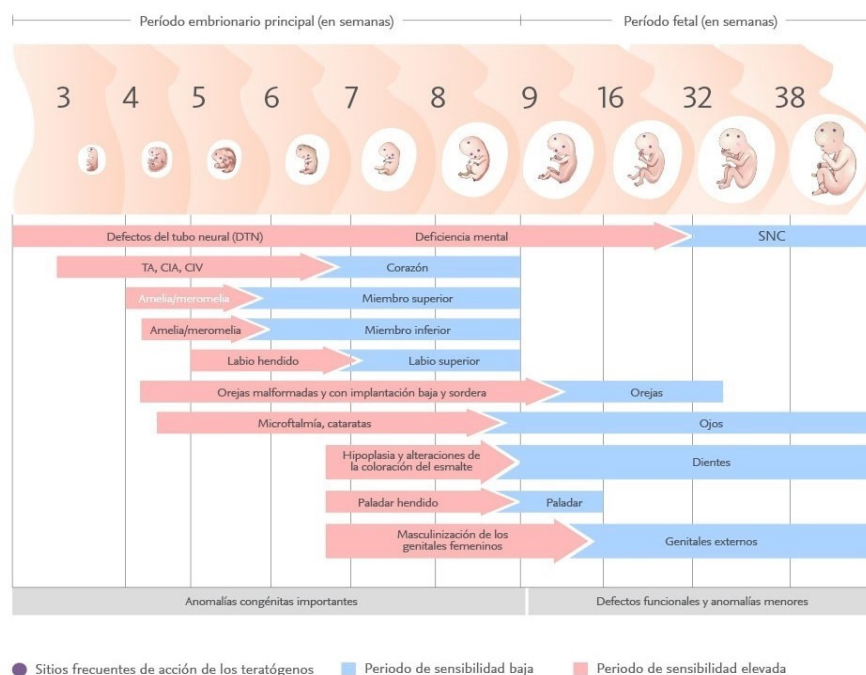
Por otro lado, el parto es uno de los momentos más estresantes no solo para la gestante sino también para el feto. Además del desgaste físico que supone para ambos, se produce una gran alteración a nivel hormonal que, como ya se ha citado anteriormente, también afecta de manera directa al feto. Las hormonas más importantes que actúan durante el parto son (García y Cuenca, 2021):

- Estrógenos;
- Progesterona,
- Oxitocina;
- Endorfinas;
- Adrenalina.

Como se ha descrito anteriormente (véanse páginas 3 y 4), la adrenalina es una de las hormonas que además de estar presente en el parto, también entra en juego como uno

de los mecanismo activados por el estrés, cuando una señal de alerta o amenaza es detectada por el organismo. Aunque el bebé esté a punto de nacer, sigue unido a la placenta por el cordón umbilical de manera que aún sigue conectado al torrente sanguíneo de la madre y, por tanto, también recibe parte de las hormonas que la madre segrega en ese momento.

Figura 12 Gráfico sobre los periodos críticos del desarrollo prenatal humano (Elsevier, 2019).



4. CAMBIOS CEREBRALES Y PROBLEMAS POSTERIORES CAUSADOS POR EL ESTRÉS PRENATAL

Las consecuencias del estrés prenatal sobre el cerebro del feto y del futuro bebé han sido uno de los principales objetos de estudio por la aparición de enfermedades asociadas al periodo de neurodesarrollo fetal.

El estrés prenatal, como se ha descrito anteriormente, conlleva modulaciones en los niveles de cortisol maternos. Éste a su vez, puede interferir en el neurodesarrollo del feto a través de la placenta, creando así un ambiente intrauterino adverso.

En 2016, el Doctor Rodrigo Díaz y la Doctora Fabiola Barba publicaron un artículo llamado “Estrés prenatal y sus efectos sobre el neurodesarrollo”. Con este estudio,

demonstraron la influencia que tenía el estrés prenatal sobre el ambiente intrauterino. Observaron que, cuando las condiciones intrauterinas cambiaban por efectos del estrés, los bebés nacidos presentaban problemas tanto cognitivos como conductuales. Esto lo demostraron gracias a estudios experimentales en animales.

Como se ha explicado anteriormente, la etapa de neurodesarrollo es una de las más sensibles a cambios. Por eso, Díaz y Barba (2016) propusieron una serie de alteraciones provocadas por el estrés para algunas de las etapas más importantes:

- Morfogénesis

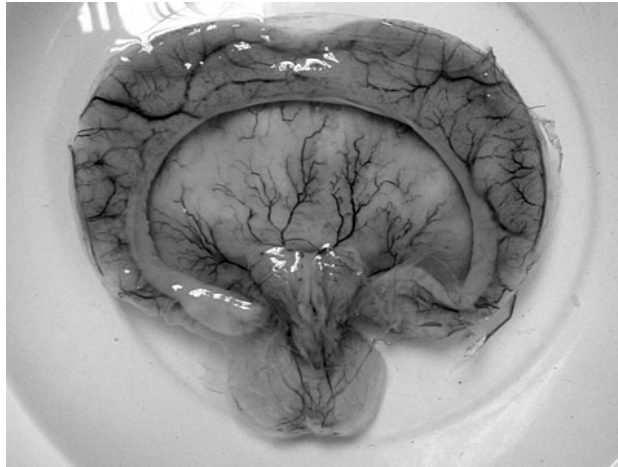
Anencefalia: defecto producido por la ausencia de algunas partes del encéfalo y/o del cráneo (Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, 2022) (ver Figura 13).

Figura 13 *Anencefalia* (Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, 2022)



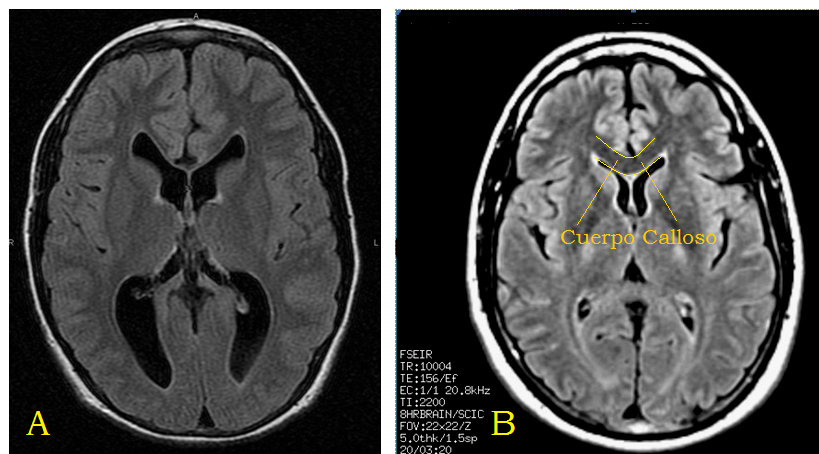
Holoprosencefalia: defecto producido por la no división del lóbulo frontal. Esto da lugar a que no existan dos mitades cerebrales sino que el recién nacido presenta solo un único lóbulo cerebral además de defectos en el cráneo y en la cara (National Human Genome Research Institute, 2023) (ver Figura 14).

Figura 14 *Holoprosencefalia alobar* (Wikipedia, 2022).



Agnesia del cuerpo calloso: defecto producido por la ausencia total o parcial del cuerpo calloso. Éste es el encargado de unir los dos hemisferios cerebrales (Genetic and Rare Diseases Information Center, 2017) (ver Figura 15).

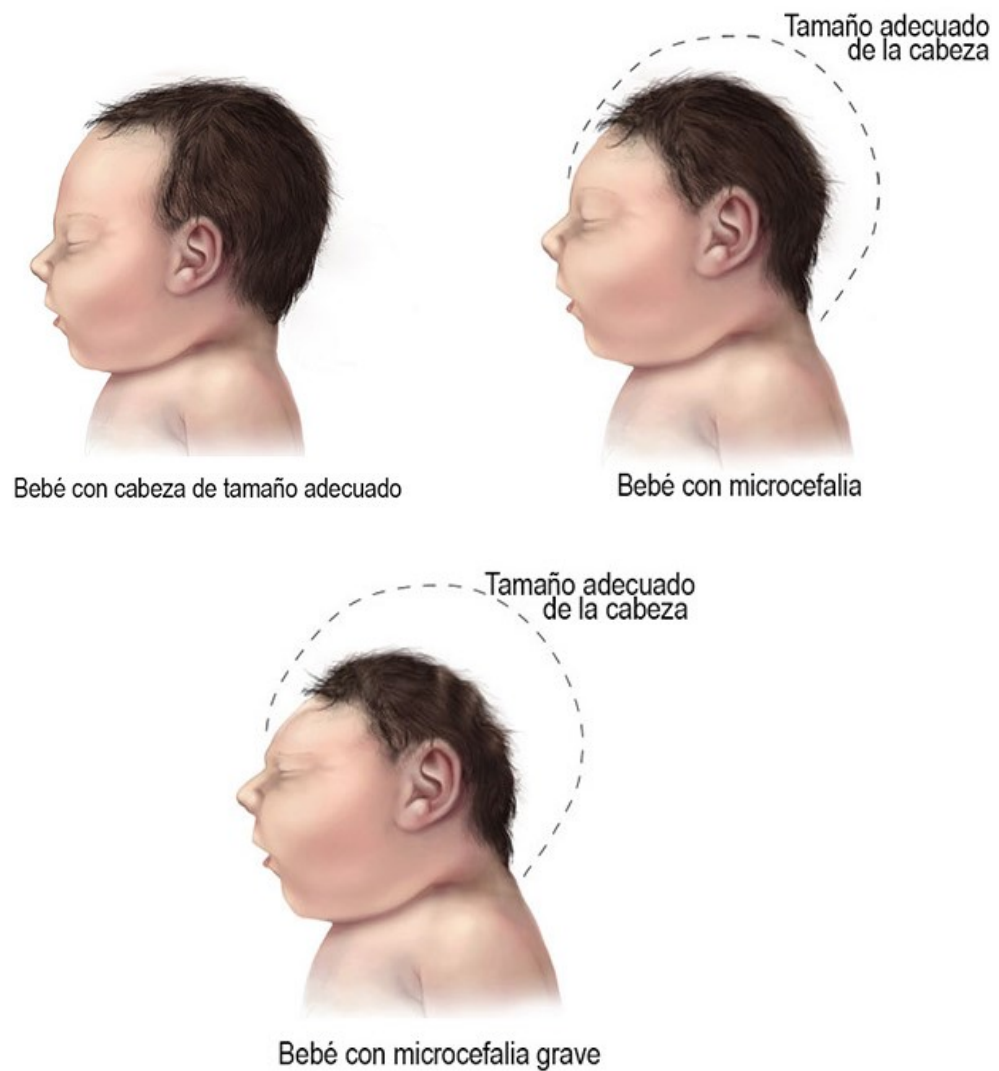
Figura 15 *Cerebro sin y con cuerpo calloso respectivamente* (El Baúl Radiológico, 2018).



- Proliferación

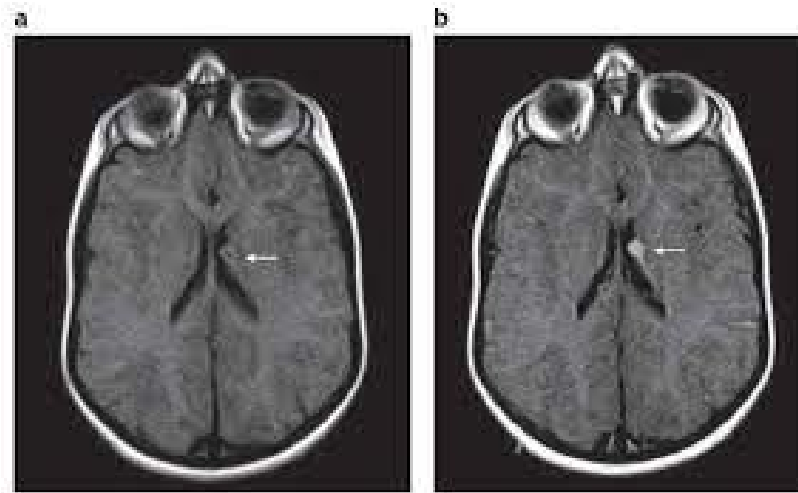
Microcefalia: el tamaño de la cabeza del bebé es más pequeño de lo esperado (Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, 2022) (ver Figura 16).

Figura 16 *Microcefalia en diferentes estadios* (Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, 2022).



Esclerosis tuberosa: afección que afecta a la piel, el corazón, los riñones, los pulmones y al sistema nervioso. Provoca tumores que tienen cierto parecido con un tubérculo (MedlinePlus, 2022) (ver Figura 17).

Figura 17 *Tumores cerebrales causados por la esclerosis tuberosa* (Docampo et al., 2013).



- Migración neuronal.

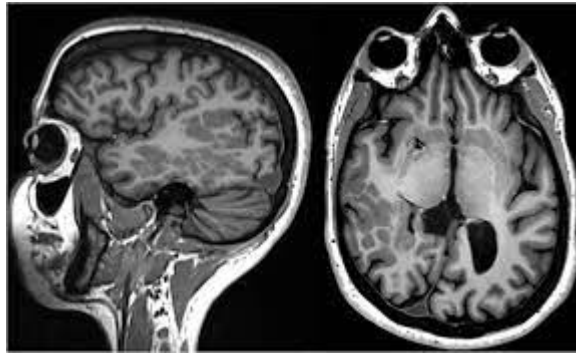
Lisencefalia: malformación cerebral en la que no existen las circunvoluciones cerebrales (Genetic and Rare Diseases Information Center, 2019) (ver Figura 18).

Figura 18 *Cerebro con lisencefalia* (Aparicio, 2014).



Polimicrogiria: malformación cerebral en la que existen excesivos pliegues cerebrales y surcos muy poco profundos (Genetic and Rare Diseases Information Center, 2018) (ver Figura 19).

Figura 19 *Cerebro con Polimicrogiria* (Neurología Clínica, s.f.)



Otra causa (aunque menos común) del estrés tiene que ver con la regulación de la serotonina.

La placenta es la encargada de sintetizar serotonina para el feto durante el embarazo. Si la madre o la placenta presentan alguna alteración provocada por el estrés en los sistemas de regulación de serotonina, éstos podrían provocar un gran impacto en el neurodesarrollo fetal y predisponer al futuro bebé a trastornos afectivos (Cáceres et al., 2017).

5. CONCLUSIÓN

Cuando es una madre embarazada la que sufre estrés, no solo ella padece sus consecuencias sino que el feto también puede desarrollar enfermedades e incluso tener daños cerebrales severos. El periodo prenatal es especialmente sensible al estrés ya que es aquí cuando se forma el Sistema Nervioso.

Las patologías más graves causadas por el estrés que pueden aparecer en el periodo prenatal tienen relación con la estructura cerebral, produciéndose malformaciones que afectarán a las principales funciones del mismo. De igual modo que es importante el conocimiento de las enfermedades producidas por el estrés, es de vital importancia conocer los mecanismos del mismo, así como las reacciones fisiológicas del cuerpo humano ante este.

Por todo lo mencionado anteriormente, es de vital importancia prevenir el estrés ya que, aunque sea un mecanismo que ayude al ser humano a la supervivencia, también puede tener repercusiones negativas y provocar daños muy graves.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparicio, D. (4 de noviembre de 2014). *Descubren un cerebro humano que no tiene pliegues*. Psyciencia. <https://www.psyciencia.com/descubren-un-cerebro-humano-que-tiene-pliegues/>
- Béjar, C. y Santiago, M. (2017). Influencia del estrés materno durante el embarazo en el desarrollo cognitivo del niño: una revisión. *Matronas profesión*, 18(3), 115-122. <https://s3-eu-south-2.ionoscloud.com/assetsedmayo/articles/CARBWvW2txEpjeeGx4kjjn5DR720GCOWDh75ay9u.pdf>
- Brachetti et al. (2020). Efectos del Estrés Materno Intenso y Prolongado Durante el Embarazo y su Repercusión Sobre el Neurodesarrollo del Feto. *Revista Ecuatoriana Neurología*, 29(2), 1-6. <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rneuro/v29n2/2631-2581-rneuro-29-02-00023.pdf>
- Cáceres et al. (2017). Efectos neurobiológicos del estrés prenatal sobre el nuevo ser. *Revista Chilena Neuro-Psiquiatría*, 55(2), 103-113. <https://www.scielo.cl/pdf/rchnp/v55n2/art05.pdf>
- Caparros et al. (16 de abril de 2018). Protocolo del estudio de cohortes gestastress sobre los efectos del estrés durante el embarazo mediante la medida del cortisol en el cabello de la mujer y del recién nacido. *Revista Española Salud Pública*, 92, 1-9. <https://scielo.isciii.es/pdf/resp/v92/1135-5727-resp-92-e201804027.pdf>
- Carrillo, A. (9 de enero de 2019). *Mielinización: qué es y cómo afecta al sistema nervioso*. Psicología y Mente. <https://psicologiymente.com/neurociencias/mielinizacion>
- Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. (s.f.). *Anencefalia*. [https://www.cdc.gov/ncbddd/spanish/birthdefects/anencephaly.html#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20anencefalia%3F,del%20tubo%20neural%20\(DTN\)](https://www.cdc.gov/ncbddd/spanish/birthdefects/anencephaly.html#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20anencefalia%3F,del%20tubo%20neural%20(DTN))
- Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades.(s.f.). *Microcefalia*. <https://www.cdc.gov/ncbddd/spanish/birthdefects/microcephaly.html#:~:text=La%20microcefalia%20es%20un%20defecto,po%C3%ADa%20no%20haber%20desarrollado%20adecuadamente>.
- Díaz, R. y Barba, F. (2016). Estrés prenatal y sus efectos sobre el neurodesarrollo. *Revista Médica Clínica Condes*, 27(4), 441-446. <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-pdf-S0716864016300554>
- Docampo et al. (diciembre de 2013). *Esclerosis tuberosa: evaluación de las lesiones intracraneanas*. *Revista Argentina de Radiología*, 77(4), 275-283. <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-argentina-radiologia-383-articulo-esclerosis-tuberosa-evaluacion-lesiones-intracraneanas-X0048761913603070>

- Duque Parra et al. (abril de 2021). El término glía, una tradición conceptual errada: propuesta de cambio por sinneuronas. *International Journal of Morphology*, 39(2), 638-641.
<https://www.scielo.cl/pdf/ijmorphol/v39n2/0717-9502-ijmorphol-39-02-638.pdf>
- Duval, F., González, F. y Rabia, H. (2010). Neurobiología del estrés. *Revista Chilena Neuropsiquiátrica*, 48(4), 307-318. <https://www.scielo.cl/pdf/rchnp/v48n4/art06.pdf>
- El Baúl Radiológico. (22 de enero de 2018). *Disgenesia del cuerpo calloso: hallazgos en TC e IRM*.
<http://www.elbauradiologico.com/2018/01/3-disgenesia-del-cuerpo-caloso.html>
- ELSEVIER. (26 de noviembre de 2019). *Periodos críticos del desarrollo prenatal humano*.
<https://www.elsevier.com/es-es/connect/medicina/edu-periodos-criticos-del-desarrollo-prenatal-humano>
- Elsevier Connect. (23 de enero de 2018). *Estructura y tipos de neuronas*. Elsevier.
<https://www.elsevier.com/es-es/connect/medicina/estructura-y-tipos-de-neuronas>
- Ferent et al. (2020). Extracellular Control of Radial Glia Proliferation and Scaffolding During Cortical Development and Pathology. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 8, 1-36. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fcell.2020.578341/full>
- Francesca, M. F. (2017). *El estrés gestacional y sus consecuencias*. Facultad de Medicina, Universidad de Salamanca.
https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/133218/TG_Elia_MariaFontana_Estres_gestacional.pdf;jsessionid=B2A1025D2453CDD45580ADEBF930DE1D?sequence=1
- García, E. y Cuenca, D. (17 de marzo de 2021). *Qué hormonas “activan” el parto y la lactancia materna*. Natalben.
<https://www.natalben.com/el-embarazo-y-tus-dudas/hormonas-parto-oxitocina-lactancia-prolactina>
- Gaviria, S. L. (2006). Estrés prenatal, neurodesarrollo y psicopatología. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 35(2). <http://www.scielo.org.co/pdf/rcp/v35n2/v35n2a06.pdf>
- Genetic and Rare Diseases Information Center. (23 de junio de 2017). *Agnesia del cuerpo calloso*. <https://rarediseases.info.nih.gov/espanol/11869/agenesia-del-cuerpo-caloso>
- Genetic and Rare Diseases Information Center. (15 de enero de 2019). *Lisencefalia*.
<https://rarediseases.info.nih.gov/espanol/13705/lisencefalia>
- Genetic and Rare Diseases Information Center. (28 de octubre de 2018). *Polimicrogiria bilateral perisilviana*.
<https://rarediseases.info.nih.gov/espanol/13628/polimicrogiria-bilateral-perisilviana>
- Glover, V., O'Connor, T.G. y O'Donnell, K. (2010). Prenatal stress and the programming of the HPA axis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 35, 17-22.

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0149763409001742?fr=RR-2&ref=pdf_download&rr=7c3b540b2ab61bb2

Healthwise. (9 de noviembre de 2022). *Consumo de alcohol o de drogas durante el embarazo*. Cigna.

<https://www.cigna.com/es-us/knowledge-center/hw/consumo-de-alcohol-o-de-drogas-durante-el-embarazo-ae1198>

Ingeniumed. (8 de agosto de 2019). *Formación Cresta Neural*.

<https://ingeniumed.com/memodibujos/formacion-cresta-neural/>

Instituto Nacional del Cáncer. (s.f.). *Diferenciación celular*.

<https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/diferenciacion-celular>

Medisur. (s.f.). *Mujeres con estrés y efectos en el embarazo*.

<https://medisur.sld.cu/index.php/medisur/announcement/view/4511>

MedlinePlus. (s.f.). *Esclerosis tuberosa*.

<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000787.htm#:~:text=Es%20un%20trastorno%20gen%C3%A9tico%20que,de%20un%20tubo%C3%A9rculo%20o%20ra%C3%A9Dz.>

MedlinePlus. (s.f.). *Mielina*.

<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002261.htm#:~:text=Es%20una%20capa%20aislante%20o,lo%20largo%20de%20las%20neuronas.>

Montes de Oca, J.A. (13 de junio de 2021). *La Sinaptogénesis y el Aprendizaje en las Personas Mayores*. Grupo emprende.

<https://grupoemprende.com/la-sinaptogenesis-aprendizaje-las-personas-mayores/>

MotherToBaby. (1 de marzo de 2021). *Periodos críticos de desarrollo*.

<https://mothertobaby.org/es/hojas-informativas/los-periodos-criticos-de-desarrollo/pdf/>

Neurología Clínica. (s.f.). *Epitoca 26: Polimicrogiria*.

<https://neurologiaclinica.es/epiteca-26-polimicrogiria/>

National Human Genome Research Institute. (11 de mayo de 2023). *Holoprosencefalia*.

<https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Holoprosencefalia#:~:text=Definici%C3%B3n,cr%C3%A9neo%20y%20de%20la%20cara.>

Pérez, J. I. (12 de diciembre de 2017). *Los tipos celulares humanos y su origen embrionario*. Cuaderno de Cultura Científica.

<https://culturacientifica.com/2017/12/12/los-tipos-celulares-humanos-origen-embrionario/>

- Pinto et al. (3 de abril de 2020). Estrés psicológico materno como posible factor de riesgo prenatal para el desarrollo de dificultades cognoscitivas: caracterización neuropsicológica de una muestra colombiana. *Universitas Psychologica*, 9(3), 749-759. <http://www.scielo.org.co/pdf/rups/v9n3/v9n3a12.pdf>
- Policlínica Maio. (s.f.). *Consecuencias del agotamiento inducido por el estrés prolongado*. <https://policlinicamaio.com/reflexiones-sobre-las-consecuencias-ante-la-exposicion-al-estres-prolongado/>
- Policlínica Maio. (s.f.). *Síntomas de estrés: consecuencias en tu cuerpo y en tu conducta*. <https://www.mayoclinic.org/es-es/healthy-lifestyle/stress-management/in-depth/stress-symptoms/art-20050987>
- Psicocode. (s.f.). *Desarrollo del Sistema Nervioso: Fases y Divisiones*. <https://psicocode.com/psicologia/desarrollo-sistema-nervioso-fases/>
- Reguerio, A. M^a. (2018). Conceptos básicos: ¿qué es el estrés y cómo nos afecta?. Universidad de Málaga. <https://www.uma.es/media/files/tallerestr%C3%A9s.pdf>
- Rojas, P. (2020). *Neurodesarrollo: El inicio del sistema nervioso*. NeuroClass. <https://neuro-class.com/neurodesarrollo-el-inicio-del-sistema-nervioso/>
- Rojas, P. (2020). *Sinaptogénesis: ¿Cómo conectamos las neuronas?*. NeuroClass. <https://neuro-class.com/sinaptogenesis-como-conectamos-las-neuronas/>
- Rosselli, M. y Matute, E. (2012). Desarrollo neuropsicológico y maduración cerebral. *Tendencias actuales de las Neurociencias Cognitivas*, 2, 87-91. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=3bPKCQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA87&dq=etapas+desarrollo+cerebral&ots=5eHWxDq7yB&sig=lpA1CdztTGxzwFkzYIrM9H4AQuk#v=onepage&q=etapas%20desarrollo%20cerebral&f=false>
- Serrano, C. (21 de abril de 2023). *Sistema nervioso parasimpático*. Kenhub. <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/sistema-nervioso-parasimpatico>
- Universidad Internacional de Valencia. [UniversidadVIU] (13 de enero de 2014). *¿Qué es el estrés, qué produce el estrés y cómo podemos afrontarlo?*. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=PXYJIPFwjFc>
- Walsh et al. (26 de noviembre de 2019). Maternal prenatal stress phenotypes associate with fetal neurodevelopment and birth outcomes. *PNAS*, 116(48), 2-10. <https://www.pnas.org/doi/epdf/10.1073/pnas.1905890116>
- Wikipedia, la enciclopedia libre. (2 de abril de 2022). *Holoprosencefalia*. <https://es.wikipedia.org/wiki/Holoprosencefalia>
- ZSCHIMMER & SCHWARZ. (11 de enero de 2023). *¿Qué es el cortisol y qué tiene que ver con el estrés?*.

<https://www.zschimmer-schwarz.es/que-es-el-cortisol-y-que-tiene-que-ver-con-el-estr-es/>