

## Presentación

El término *Neuropsicología* parece haber sido utilizado por vez primera por Sir William Osler en 1913, pero ésta hunde sus raíces en la psicología fisiológica y en la neurología del comportamiento del siglo XIX, que se desarrolló a partir de la descripción que de los grandes síndromes cerebrales realizaron Broca, Wernicke, Déjérine, Liepmann, Hughlings Jackson, Holmes, Sherrington, Alzheimer, Pick... Después de que Karl Lashley fuera nombrado profesor de neuropsicología en Harvard en 1938, la neuropsicología se constituye como disciplina independiente. Hans-Lukas Teuber, psicólogo, utilizó el término *Neuropsicología* en 1948 durante la presentación de un simposio en Boston, en el que describía los diversos procedimientos que él y un neurólogo, Morris Bender, utilizaban para investigar las relaciones cerebro-conducta en pacientes con lesiones cerebrales producidas por heridas de bala.

La División 40 (*Clinical Neuropsychology*) de la *American Psychological Society* define al neuropsicólogo clínico como aquel psicólogo profesional, con nivel académico de doctor, que aplica los principios de la evaluación, el diagnóstico y el tratamiento basados en el estudio científico de la conducta humana y sus relaciones con el funcionamiento normal y anormal del sistema nervioso central.

La neuropsicología es una ciencia multidisciplinaria que, recogiendo las aportaciones de la neurología y de la psicología, estudia la base neurológica de los procesos psíquicos. La neuropsicología se incluye dentro del área de conocimiento de la psicobiología y se halla entroncada con la psicología fisiológica y con la neurología. La neuropsicología se distingue de la psicofisiología por tener un enfoque más anatómico y espacial que ésta, que adopta un punto de vista más bien fisiológico y temporal. Además, en neuropsicología la variable independiente es siempre una variable neurobiológica, mientras que la variable dependiente es conductual.

La neuropsicología como ciencia y técnica puede ser dividida en:

- a) **Neuropsicología experimental.** Estudia los principios fundamentales que están en la base de las relaciones entre el cerebro y los procesos psíquicos, independientemente de su aplicación práctica. Recurre tanto a la experimentación animal como al estudio de sujetos humanos con lesiones cerebrales, o bien sometidos a pruebas específicas como la determinación del flujo sanguíneo cerebral o el consumo de glucosa por el cerebro.

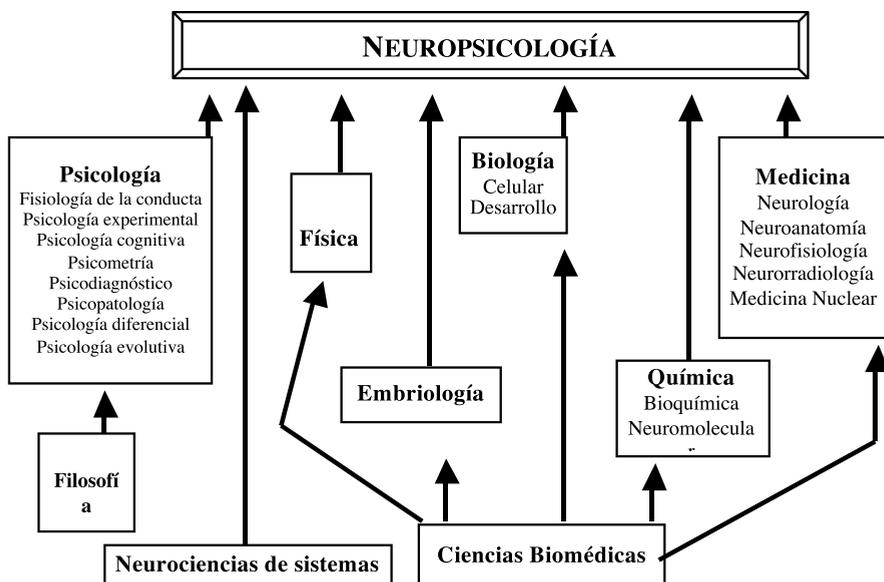
- b) **Neuropsicología clínica.** Aplica los conocimientos de la neuropsicología básica a la descripción, evaluación, control, tratamiento, rehabilitación y prevención de pacientes humanos con lesiones encefálicas que afectan a los substratos neuroanatómicos y fisiopatológicos de la conducta. La neuropsicología clínica es extremadamente útil para completar el diagnóstico neurológico, para la evaluación de los efectos de un tratamiento médico o quirúrgico, para la readaptación funcional del enfermo con un síndrome orgánico-cerebral, así como para la investigación aplicada.

El cerebro humano consciente es el órgano más extraordinario surgido en el curso de la evolución. Los conocimientos de neurobiología fundamental y de neuropsicología han tenido un desarrollo exponencial durante los últimos cincuenta años, pero aún queda mucho por descubrir. Nos hallamos, probablemente, ante una de las últimas fronteras de la ciencia. Estamos comenzando a comprender algunos de los misterios sobre nosotros mismos, y nuestros congéneres animales, que más han preocupado a la humanidad durante siglos, pero apenas estamos dando los primeros pasos de un largo viaje. En este caso, es el propio cerebro consciente quien intenta saber algo sobre sí mismo, lo que da a esta empresa unas características muy especiales. Además, la neuropsicología, como toda ciencia madura, no sólo puede ayudarnos a conocernos a nosotros mismos o al mundo en que vivimos, sino que también ofrece resultados aplicables de inmediato, que en su caso puede contribuir de manera importante a mejorar el estado de salud individual y social de una población. No en vano, la década de los noventa del pasado siglo fue declarada oficialmente la “Década del Cerebro” en los Estados Unidos, y numerosos equipos de investigación con importantes recursos han contribuido y contribuyen al avance en este campo. Y hemos también de aprovechar que la primera década del siglo XXI fue considerada la “Década de la Conducta”. *Cerebro y Conducta = Neuropsicología*. El envejecimiento de la población por el aumento de la expectativa de vida, el incremento de los accidentes de tráfico o laborales, las repercusiones cerebrales de las enfermedades cardiovasculares y las neoplasias intracraneales, sitúan en primer plano, desde el punto de vista sanitario, problemas como el de las demencias, el de las secuelas de accidentes cerebro-vasculares o de los traumatismos craneo-encefálicos. Es de esperar que en un futuro próximo podamos encontrar remedios eficaces y definitivos para abordar la curación de estas plagas del mundo moderno. A ello contribuirá, sin duda, la neuropsicología. Disponemos de los recursos suficientes, materiales y de conocimiento, sólo es necesario saber aprovecharlos con eficacia. Nuestro deber es ser emprendedores...

# MÓDULO 1.

## Introducción Conceptual e Histórica

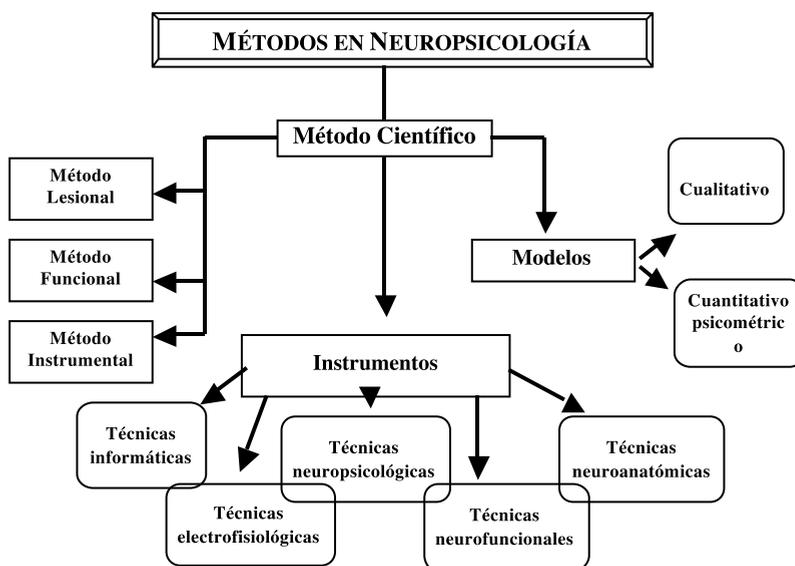
La neuropsicología como ciencia no tiene un *corpus* de nacimiento y desarrollo único y diferenciado, sino que procede de la acumulación histórica de saberes en distintos ámbitos de la ciencia y la reflexión filosófica. Fruto de esta variedad de influencias, hoy en día tenemos a aquellos neurocientíficos que proceden de ámbitos de conocimiento más próximos a la Psicología y que constituyen el grueso de los “neuropsicólogos”, más centrados en la repercusión conductual de la actividad cerebral, y aquellos otros que, procediendo de disciplinas médicas, especialmente la neurología, configuran el grupo de los “neurólogos de la conducta”, más interesados en el fundamento neurobiológico del comportamiento. No obstante, todos ellos, neuropsicólogos y neurólogos de la conducta, convergen más que divergen en su objeto de estudio: las estrechas relaciones que se dan entre el cerebro y la conducta.



El objetivo general de la neuropsicología consistirá en el estudio pormenorizado de las relaciones que se establecen entre el cerebro y la conducta, en cómo las diferentes funciones cerebrales controlan la conducta del individuo. En el caso de la neuropsicología clínica tomaremos en consideración como objeto de estudio las alteraciones que se producen en la conducta del sujeto en función de la lesión del cerebro, sea esta anatómica, fisiológica o ambas.

Partiendo de esta consideración general, podemos concretar los objetivos específicos de la neuropsicología como disciplina científica en los siguientes puntos:

- a) La descripción científica de las manifestaciones cognitivo-conductuales de las patologías de la actividad del sistema nervioso central.
- b) El conocimiento de la fisiopatología de las alteraciones observadas (organizaciones poco frecuentes -como en el caso de los *idiot-savant*-, lesiones cerebrales de la infancia, diferentes etiologías en la lesión de una misma área o sistema cerebral, etc.).
- c) El diagnóstico clínico, neuropsicológico y anatomo-topográfico cerebral, que subyace a un trastorno del comportamiento específico.
- d) El estudio de la influencia de la experiencia y el aprendizaje sobre el sustrato neurofuncional que controla la conducta.
- e) El estudio de las representaciones internas de los fenómenos mentales, como las imágenes mentales visuales o motoras.
- f) Los procesos terapéuticos racionales y fisiopatológicos en la (re)habilitación neuropsicológica.
- g) La realización de programas de investigación que permitan poner en evidencia la íntima relación entre el comportamiento humano y su sustrato neurobiológico.



## 1.1 Perspectiva histórica

La primera referencia escrita que se conoce sobre el estudio del cerebro humano aparece en un papiro del Antiguo Egipto, datado aproximadamente en el año 2500 antes de nuestra era, el conocido como *Edwin Smith Surgical Papyrus* y que es considerado como el primer libro de texto de medicina de la historia, donde se describen 48 “casos clínicos” entre los que se encuentran los síntomas, diagnóstico y pronóstico de dos individuos afectados por sendas fracturas de cráneo, como consecuencia de heridas traumáticas en la cabeza. Este papiro incluye la primera referencia escrita del término “cerebro”.

Debieron pasar cerca de dos mil años para que encontremos nuevas referencias al estudio del cerebro, pasando del Antiguo Egipto a la Grecia clásica. Allí encontramos a Alcmeón de Crotona (físico griego, circa 500 a.C.) que será el primero en describir los nervios ópticos. Hipócrates (físico griego, 460-370 a.C.) que situará en el cerebro, y no en el corazón como era lo propio en esa época, la sensación, el pensamiento y las emociones, además de ser el responsable del conocido como “juramento hipocrático” que todo médico se compromete a respetar en su ejercicio profesional. O a Erasístrato (físico alejandrino, 300-250 a.C.): que será el primero en diseccionar el cuerpo humano y situar en los giros cerebrales varias facetas de la inteligencia. Pero si hay un autor que mantuvo durante casi mil cuatrocientos años la *autoritas* en el ámbito médico ese es Claudio Galeno (físico romano, 129-199 d.C.), hasta la llegada de Andrea Vesalio (físico flamenco, 1514-1564), que es considerado el “padre de la anatomía moderna” -*De humani corporis fabrica libri septem*, 1543-. Galeno, que fue médico del emperador Marco Aurelio y cirujano en la escuela de gladiadores de Pérgamo, escribió cerca de 400 tratados de anatomía y fisiología, y propuso que la sangre transportaba los “espíritus vitales”, los cuales liberados en el cerebro llegaban a todo el cuerpo.

En la América precolombina las intervenciones neuroquirúrgicas no eran algo desconocido, habiéndose hallado restos arqueológicos de diversos materiales de intervención, así como cráneos humanos que atestiguan que algunos pacientes sobrevivían a la intervención. En la Europa medieval la imagen más fiel nos la otorga la obra pictórica de El Bosco *La extracción de la piedra de la locura* (en los fondos museísticos del Museo del Prado, Madrid), la cual nos muestra un antecedente acientífico de las lobectomías frontales que, ya en el siglo XX, pondrá de actualidad el neurocirujano portugués Egas Moniz.

Los trabajos dirigidos a la localización de las funciones del cerebro podemos considerar que tienen en Sir Thomas Willis (médico británico, 1621-1675) su primer valedor desde una perspectiva científica. Así, Willis situó la memoria y la voluntad en las circunvoluciones del cerebro, la imaginación en el cuerpo calloso, ciertas emociones en la base del encéfalo y la ejecución de los movimientos involuntarios en el cerebelo. También dijo que la histeria no era una afección del útero (tal y como

se creía entonces), sino una afección cerebral. Entre sus obras destacan: *Anatomy of the Brain* (1664), *Pathology of the Brain* (1667) y *The Mind of Animals* (1672).

En los inicios del XIX las teorías frenológicas de Franz-Joseph Gall (médico austriaco, 1758-1828) y Johann Gaspar Spurzheim (médico alemán, 1776-1832), las cuales pretendían relacionar la función mental con la estructura craneal, tuvieron su espacio de influencia teórica a ambos lados del Atlántico. Estos autores consideraban la existencia de 37 poderes de la mente, dividiendo el cráneo en igual número de partes de forma y manera que el desarrollo de cada poder produciría un agrandamiento del área craneal con él relacionada. Así, por ejemplo, los *poderes intelectuales* residirán en la frente, la comparación y la causalidad estarían situadas en el centro de la frente. No obstante, a pesar de la influencia ejercida por la frenología sus supuestos teóricos no resistieron la comprobación experimental. Será Pierre Flourens (médico y biólogo francés, 1794-1867), en la primera mitad del siglo XIX, quien proponga que pueden ser localizadas ciertas funciones específicas en pequeñas áreas del cerebro, y funciones más generales en áreas relativamente mayores, todo ello desde una perspectiva equipotencialista del cerebro. Sus estudios en animales le llevaron a enunciar *que la función de los lóbulos cerebrales es desear, juzgar, recordar, ver, oír, en una palabra, percibir*. A mediados de este mismo siglo, John Hughlings Jackson (neurólogo británico, 1835-1911), partiendo de sus estudios sobre la epilepsia focal, mostró que las actividades sensoriales y motoras están localizadas en diferentes lugares del cerebro, y enunció la conocida como *Ley de Jackson* según la cual, ante un proceso patológico del sistema nervioso central las primeras funciones intelectuales en verse alteradas serían aquellas que tienen una aparición filogenética más tardía, como pueden ser la habilidad perceptual, la memoria, la orientación o el lenguaje.

El paso definitivo en el estudio de la localización de las funciones llegará en 1861, año en que Pierre Paul Broca (médico, anatomista y antropólogo francés, 1824-1880) anunciará, ante la Sociedad de Antropología de París, la localización anatómica de un centro del lenguaje en la tercera circunvolución frontal del hemisferio izquierdo, tras el estudio *postmortem* de su paciente llamado M. Leborgne, llamado “Tan” debido a que tan sólo podía pronunciar esa palabra. Este paciente presentaba un tumor cerebral, del tamaño de un huevo de gallina, localizado en el tercio posterior del giro frontal inferior izquierdo (la hoy conocida como “área de Broca”). El paciente mostraba un conocimiento del mundo razonablemente intacto, incluyendo la habilidad para responder adecuadamente ante instrucciones orales y escritas, pero era incapaz de producir un discurso hablado. Broca llamó a este déficit *afemia*.

Karl Wernicke (neurólogo y psiquiatra alemán, 1848-1905) describirá, en 1874, un síndrome “opuesto” al de Broca, en el cual el paciente mantiene intacta la habilidad para producir el discurso hablado pero presenta una comprensión verbal severamente alterada (la llamada “afasia de Wernicke”). La localización de la lesión se situaría en el hemisferio izquierdo afectando a la primera circunvolución temporal,

concretamente en la unión entre los lóbulos temporal y parietal. Tendríamos en este caso una alteración en la comprensión del lenguaje frente a la alteración ejecutiva puesta de manifiesto en el caso de Broca.

Korbinian Brodmann (neurólogo alemán, 1868-1918), supuso un extraordinario avance en la primera década del siglo XX, al proponer su mapa citoarquitectónico del cerebro humano en el que se podían diferenciar hasta 52 regiones del córtex cerebral, cada una de las cuales ejercería el control sobre una o varias funciones del comportamiento. Son las conocidas como “áreas de Brodmann” que aunque no son “exactas” en la localización de la función si nos ofrecen una visión de conjunto de la neurofuncionalidad.

Sorprendentemente para quienes no conocen la historia de la ciencia, Sigmund Freud (médico y psiquiatra austriaco, 1856-1939) fue en sus inicios un competente neuropsicólogo que llegó a publicar, en 1891, un influyente texto acerca de la neuropsicología del lenguaje, especializado en la afasia y el estudio de las relaciones entre la palabra y su campo semántico.

Santiago Ramón y Cajal (médico y neurofisiólogo español, 1852-1934) recibirá en 1906 el Premio Nobel de Medicina por sus observaciones de la microestructura del córtex cerebral y los procesos conectivos entre las células nerviosas, la que sería llamada “doctrina de la neurona” al proponer que el tejido cerebral se encontraba constituido por células individuales. Este hallazgo supuso un salto exponencial en el estudio y comprensión del funcionamiento del cerebro humano consciente.

Algunos otros científicos que aportaron visiones complejas del funcionamiento normal y patológico del cerebro, en estos primeros momentos del desarrollo de la neuropsicología como ciencia, son: Sergei Korsakoff (neurólogo ruso, 1853-1900), quien en 1887 describirá una alteración neurológica asociada a un estado confusional severo y una importante amnesia anterógrada, pero manteniendo la consciencia y la capacidad intelectual general, relacionada con el consumo de grandes cantidades de alcohol. Pierre Marie (médico francés, 1853-1940) describirá la anartria como un desorden articulatorio en ausencia de un defecto en la propia estructura articulatoria. Hugo Liepman (médico alemán, 1863-1925) describirá la apraxia como la incapacidad para ejecutar un acto o mover varias partes del cuerpo con un propósito, sin que existiera un defecto en la estructura motriz. Sir Charles Sherrington (fisiólogo británico, 1857-1952) estudiará la estructura y fisiología de la médula espinal, proponiendo los conceptos de “fascículo” y “tracto” (pathways) para referirse a las vías de transmisión de la información que circula a través de la médula espinal. Harvey Cushing (neurocirujano norteamericano, 1869-1939) realizará en 1909 la primera operación de estimulación cortical con el cráneo abierto y el paciente consciente, que más tarde popularizará el neurocirujano canadiense Wilder G. Penfield (1891-1976). Henry Head (médico británico, 1861-1940) investigará el papel del tálamo en la conducta emocional y la consciencia, aunque sus trabajos más importantes se centrarán en el estudio de la neuropsicología del

lenguaje, concretamente en la afasia. Head considera al cerebro como un sistema representacional, proponiendo el concepto de “esquema” para referirse al resultado cognitivo final de la abstracción perceptiva. Walter Cannon (fisiólogo norteamericano, 1871-1945) propondrá en 1927 su teoría del control talámico de las emociones, en la cual mantiene que los sentimientos son el resultado de la estimulación del tálamo dorsal, mientras que la expresión emocional está relacionada con la actividad del hipotálamo. Cannon es más conocido por el concepto de homeostasis, los procesos que permiten mantener en equilibrio el medio interno del organismo. James Papez (neuroanatomista norteamericano, 1883-1958) describirá en 1937 el conocido como “circuito de Papez”, proponiendo el sistema límbico como la estructura neural de control de las emociones. Karl Lashley (neuropsicólogo norteamericano, 1890-1958) propondrá en 1929 su “teoría de acción de masas”, la cual mantiene que en la estructura cerebral pueden observarse pequeñas localizaciones de la función cognitiva pero con una actividad neural generalizada o difusa, la llamada equipotencialidad (cada parte del cerebro sería igual de capaz que cualquier otra para realizar cualquier tarea -al menos en el momento del nacimiento-).

A partir de los años '50 del siglo XX la neuropsicología comienza a mostrarse como entidad científica con un corpus clínico e investigador propio. En sus orígenes los estudios se fundamentaban en casos individuales o en series de pacientes que compartían síndromes similares, incidiendo exclusivamente en la descripción sintomática, sin que se diera una metodología de análisis común. No será hasta los años sesenta y setenta en que en el trabajo neuropsicológico comiencen a utilizarse las metodologías de trabajo de la psicología clínica y experimental, con protocolos estandarizados y seguimientos sistematizados.

## MÓDULO 2.

# Elementos de desarrollo cerebral

### 2.1. Desarrollo prenatal

“Diferenciación” e “integración” son las dos palabras necesarias para comprender el desarrollo del sistema nervioso central. La diferenciación se refiere al origen de células específicas y de grupos celulares que serán capaces de desarrollar funciones distintas. Ya que la conducta no puede ser entendida como la simple suma de diferentes funciones, el cerebro deberá integrar las estructuras especializadas para originar la conducta: será como el pintor que utiliza las distintas gamas de colores para crear un cuadro.

El sistema nervioso aparece a partir de una capa de células del embrión llamada *ectodermo*. En la tercera semana de gestación la placa neural ya es visible como una área gruesa en el ectodermo. El tubo neural estará completamente cerrado al final de la cuarta semana de gestación. Al mismo tiempo aparecerán las células germinales que originarán las neuronas (neuroblastos) y las células de glía (glioblastos). El cerebro se desarrollará a partir de la parte anterior del tubo neural, de donde emergerán tres vesículas, las cuales serán el origen del prosencéfalo (cerebro anterior), que se convertirá en los hemisferios cerebrales, mesencéfalo (cerebro medio) y rombencéfalo (cerebro posterior).

Durante los nueve meses que dura el desarrollo prenatal, el sistema nervioso central se irá diferenciando e integrando, hasta que se produce el nacimiento, momento en el que estructuralmente estará completo. Sin embargo, el proceso de mielinización de las conexiones interneuronales no está terminado, siendo tan sólo unas pocas áreas y tractos los que están completamente mielinizados. Este proceso de mielinización se considera que finaliza en torno a los cinco años de desarrollo postnatal.

Los errores genéticos, así como los traumatismos, agentes tóxicos o enfermedades sistémicas pueden producir toda una variedad de malformaciones en el desarrollo fetal. Así, por ejemplo, la *espina bífida* es una anomalía de origen ectodérmico (espina bífida abierta o *meningomielocelo*) debida a un fallo en el cierre del tubo

neural, en la que el tejido espinal y el líquido cefalorraquídeo son a menudo externamente visibles formando un saco en forma de bombilla en la espalda del niño. La espina bífida se asocia frecuentemente con la presencia de *hidrocefalia*, un aumento de la presión intraventricular del líquido cefalorraquídeo en los ventrículos cerebrales.

Otras anomalías relacionadas con el desarrollo cerebral son, por ejemplo, la *microcefalia*, debida a un cráneo pequeño que presiona sobre el tejido cerebral, la *holoprosencefalia*, caracterizada por la presencia de un único e indiferenciado hemisferio cerebral, o la *agenesia del cuerpo calloso*, donde la ausencia de cuerpo calloso incomunica ambos hemisferios.

Malformaciones asociadas al desarrollo del córtex cerebral son, por ejemplo, la *agiria*, donde el cerebro carece de giros y circunvoluciones, o posee pocos y de límites difusos (la oligogiria o *pachygyria*), o la *microgria*, donde se observan gran cantidad de circunvoluciones.

En todos estos casos, los individuos muestran, en mayor o menor medida, retraso mental o claras dificultades de aprendizaje.

El proceso cronológico del desarrollo prenatal del individuo queda reflejado en la siguiente tabla:

<b>PERIODO EMBRIONARIO</b>	
<b>PRIMER TRIMESTRE</b>	
<b>Semana 1</b>	Fecundación del óvulo por parte del espermatozoide. Implantación del óvulo fecundado en la pared uterina. Se forma el disco embrionario plano.
<b>Semana 2</b>	La madre tiene la primera falta de su menstruación; comienza la diferenciación celular (mórula, blástula).
<b>Semana 3</b>	Proceso de gastrulación celular en el que el embrión desarrolla las tres capas germinales: endodermo, mesodermo y ectodermo. Comienza el desarrollo del cerebro, la médula espinal y el corazón, así como el tracto intestinal.
<b>Semanas 4-5</b>	El embrión adopta una forma de C. Comienza a observarse el tejido que formará las vértebras y los músculos. Las células que formarán el corazón laten a ritmo regular, fluyendo sangre <i>rudimentaria</i> por los principales vasos sanguíneos. Empiezan a formarse los ojos y los oídos. El cerebro se diferencia en 5 áreas y pueden verse algunos nervios del mismo y la médula espinal. Se pueden distinguir esbozos de piernas y brazos.
<b>Semana 6</b>	El embrión tiene una longitud de 6 milímetros. Comienza la formación de las gónadas, desarrollándose los pulmones. Los brazos y las piernas se alargan, y se distinguen las áreas correspondientes a manos y pies.

### **Semana 7**

El embrión ya alcanza una longitud 10,2 milímetros. Se forman pezones y folículos pilosos. Pueden verse ya los codos y los dedos de los pies. La estructura completa de los órganos esenciales ha empezado a formarse.

### **Semana 8**

La longitud ya es de 16,3 milímetros. El embarazo puede ser detectado por medio de una exploración física. La cabeza del embrión tiene aspecto humano, los párpados de los ojos están más desarrollados y las orejas empiezan a adquirir su forma definitiva.

## **PERIODO FETAL**

### **Semana 9**

Longitud del feto es de 23,8 milímetros y un peso de 8,5 gramos. Los párpados terminan su formación. La cabeza adquiere una forma redondeada. Aún no es posible distinguir si el feto es masculino o femenino por medio de la observación directa de los genitales externos. El paquete intestinal se proyecta hacia el cordón umbilical.

### **Semanas 10-11**

Longitud del feto de 32,7 milímetros y un peso de 14 gramos. La forma humana ya es reconocible. El feto comienza a responder a los estímulos y empiezan a desarrollarse las uñas de las manos.

### **Semanas 12-13**

Longitud de 54,7 milímetros y peso de 45 g. Los órganos esenciales ya están básicamente formados, empezando a funcionar el sistema vascular circulatorio. Ya se distinguen los genitales externos. El cuello está bien definido, el hígado produce glóbulos rojos y el feto puede cerrar los puños.

## **SEGUNDO TRIMESTRE**

### **Semanas 14-15**

Longitud de 82,4 milímetros y peso de 110 gramos. El vientre de la madre está visiblemente distendido. El esqueleto del feto ya es visible en una imagen radiográfica. La cabeza se puede mantener erguida, las piernas están bien formadas y empiezan a desarrollarse las uñas de los pies.

### **Semanas 16-17**

Peso de 200 gramos. Se pueden observar movimientos de succión. Los órganos sexuales se encuentran diferenciados pudiendo distinguir al varón de la mujer. Las orejas ya sobresalen de la cabeza. Se forma meconio (materia fecal) en el colon del feto (que será expulsada en forma de heces tras el nacimiento)

### **Semanas 18-19**

Peso de 320 gramos. El vernix caseoso cubre la piel del feto para protegerla de las rozaduras y del ambiente acuoso del líquido amniótico. La madre puede sentir los movimientos del bebé en su vientre.

### **Semanas 20-21**

Peso de 450 gramos. Crece pelo y vello en cabeza y cuerpo. Los movimientos son cada vez más vigorosos con el creciente desarrollo neuromuscular.

### **Semanas 22-23**

El peso ya alcanza los 630 gramos. La supervivencia del feto fuera del vientre materno ya es posible con atención médica hiperespecializada. La piel es arrugada y rojiza.

### **Semanas 24-25**

Longitud de 32,5 centímetros y peso de 810 gramos. Las uñas de las manos se encuentran desarrolladas. Aparecen las cejas en la estructura facial. Todos los elementos del ojo ya están