

# PSICOLOGÍA DEL DESARROLLO

## TEMA 2.

## EL DESARROLLO BIOLÓGICO Y MOTOR

Cari Blanco Rodríguez

### OBJETIVOS:

- *Describir los periodos del desarrollo prenatal del ser humano.*
- *Comprender y describir el desarrollo físico del ser humano.*
- *Conocer y comprender los principios que guían el desarrollo: proximodistal y cefalocaudal.*
- *Analizar los factores que inciden en el crecimiento.*
- *Conocer y comprender las dos categorías del desarrollo psicomotor: locomoción y desarrollo postural y habilidad para usar las manos.*
- *Conocer y describir los fenómenos que se dan en el desarrollo prenatal del cerebro humano: crecimiento cerebral, desarrollo de los axones y dendritas y las conexiones sinápticas axón-dendrita entre las neuronas.*
- *Comprender el patrón ascenso-caída (poda) y la plasticidad cerebral que se da en el desarrollo del cerebro humano.*
- *Comprender la relación, por una parte, entre el patrón de ascenso-caída y los períodos sensibles y, por otra, entre el citado patrón y la plasticidad cortical.*
- *Conocer las bases neuronales tanto de la memoria explícita como de la implícita.*
- *Comprender la existencia de una dirección bidireccional entre el desarrollo psicológico y el desarrollo biológico.*

### 1. INTRODUCCIÓN.

- **El desarrollo biológico empieza con la concepción. Hay una estrecha relación entre el desarrollo biológico y el psicológico que está en el origen de la psicología evolutiva.**
- **Hasta fechas recientes no se ha podido estudiar el desarrollo biológico y psicológico de forma integrada debido a las dificultades técnicas que planteaba el estudio del cerebro humano.**
- **Actualmente, gracias a las técnicas de neuroimagen y al desarrollo de la neurociencia cognitiva del desarrollo, se ha podido ahondar en la base neurobiológica de la conducta humana.**

El desarrollo biológico del individuo comienza con la concepción: un espermatozoide fecunda un óvulo y da lugar a una célula simple denominada cigoto que tras divisiones múltiples formará los distintos tipos de células y tejidos.

Desarrollo psicológico y biológico están relacionados desde el propio origen de la Psicología Evolutiva o del Desarrollo. Piaget estudió mucho esta relación.

Hasta hace poco, el estudio del desarrollo biológico y psicológico no ha sido de forma integrada: la perspectiva biológica se centró en el desarrollo físico y motor, y la psicológica en el desarrollo cognitivo y emocional (posiblemente debido a las dificultades del estudio del cerebro humano y poco conocimiento de su desarrollo, especialmente en sujetos sin lesiones neurológicas).

A partir de los noventa, se incrementa el conocimiento neurobiológico gracias a invención y diseño de nuevos métodos y técnicas de neuroimagen.

Técnicas de neuroimagen: permiten estudiar las estructuras del cerebro y su actividad metabólica, basándose en la medida de los cambios que tienen lugar como consecuencia del aumento de la actividad cerebral local. En función de estos cambios, proporcionan distintos tipos de imágenes neuroanatómicas (estructurales o funcionales) sobre la actividad cerebral que tiene lugar en la zona examinada.

Permiten estudiar la actividad molecular y celular del SN, además de comprobar el funcionamiento del cerebro de bebés, niños y adolescentes, durante el propio proceso de realización de las tareas cognitivas.

Las más utilizadas son los potenciales evocados, la resonancia magnética y la tomografía por emisión de positrones.

La Neurociencia cognitiva es una nueva disciplina que trata de integrar los estudios sobre el desarrollo cognitivo con las evidencias logradas en los trabajos sobre desarrollo del cerebro y las provenientes de la etología. Entre los métodos que puede utilizar el investigador están las recientes técnicas de imágenes funcionales del cerebro y el estudio de las lesiones cerebrales y sus efectos en la conducta y la cognición.

Es decir, además de los datos empíricos procedentes del estudio del cambio en la conducta de los sujetos, y del desarrollo de modelos computacionales que dan cuenta de esos cambios, es necesario contar con los datos y evidencias neurobiológicas que subyacen a esas conductas.

## 2. DESARROLLO FÍSICO Y MOTOR

### • DESARROLLO PRENATAL

Comienza cuando un espermatozoide fecunda a un óvulo (ambos con 23 cromosomas cada uno) formando una célula diploide (46 cromosomas) denominada cigoto. Consta de tres períodos:

- Germinal: abarca las dos primeras semanas después de la fecundación. La diferenciación de las células depende de la cantidad de actividad que recibe cada una de ellas. Aparece la placenta y el cordón umbilical.
- Embrionario: desde la tercera semana hasta la octava. Se desarrollan los órganos y los principales sistemas del cuerpo: nervioso, respiratorio y digestivo. Existen dos principios que guían el desarrollo: proximodistal y cefalocaudal.
- Fetal: desde la novena semana al nacimiento. Cambios visibles en el feto a nivel externo e interno. La supervivencia del feto depende de un líquido llamado surfactante que transmite el oxígeno necesario a la sangre.

Comienza con la concepción. Las células sexuales masculinas y femeninas (gametos) contienen 23 cromosomas. A través de la meiosis se unen y dan lugar al cigoto, el cual recibe 23 cromosomas de la madre y 23 del padre.

La mitosis es el proceso de división que permite la multiplicación celular por la que a partir de una célula se forman dos células idénticas, cada una de ellas con un juego de cromosomas igual al de la célula madre, es decir con los 23 pares de cromosomas.

La meiosis es la división celular propia de células sexuales o gametos. Se diferencia de la mitosis en que sólo se transmite a cada nueva célula un cromosoma de cada una de las parejas de cromosomas de la célula madre. Las células resultantes reciben la mitad de cromosomas de cada una de las células madre, y no poseen el mismo material genético que ninguna de ellas.

El proceso de gestación (el cigoto se convierte en un nuevo ser independiente) dura unas 38 semanas, y se divide en tres etapas:

### ○ Periodo Germinal.

Desde la concepción a las dos primeras semanas. La concepción tiene lugar cuando uno de los millones de espermatozoides que produce una eyaculación penetra en un óvulo. El cigoto comienza entonces un proceso de multiplicación celular por **mitosis** que dará lugar a un nuevo ser. El cigoto se mueve a través de las **trompas de Falopio** hasta el útero (tarda unos 3 días en llegar), una vez allí, tarda unos 5 días en instalarse en las paredes nutritivas del útero.

A las dos semanas de gestación, las células se habrán multiplicado considerablemente y empiezan a diferenciarse según las instrucciones genéticas.

El embrión posee una **membrana externa (corión)** y una **interna (amnios)** que le rodea y protege. La **placenta** permite la comunicación entre el nuevo organismo y la madre (atiende las necesidades de respiración, nutrición y excreción del feto durante el desarrollo). Mediante el **cordón umbilical** se trasporta el oxígeno y nutrientes de la sangre de la madre a la del nuevo ser.

La diferenciación de las células se produce gracias a la **activina**. Las células que reciban mayor cantidad de esta sustancia crean el **endodermo** (formará el **aparato digestivo y respiratorio**). Las que reciben una concentración media crean el **mesodermo** (dará lugar a los **huesos, músculos, sangre, riñones y corazón**), y las células que reciban una menor cantidad de activina crearán el **ectodermo** (formará el **SN, la piel, el pelo, y los órganos sensoriales**). A partir de estas dos semanas el futuro ser está bien anclado al útero (las hormonas maternas han preparado esta cavidad para el desarrollo del cigoto).

### ○ Periodo Embrionario.

De la tercera a la octava semana. El organismo pasa a denominarse **embrión**. Se desarrollan los órganos y principales sistemas del cuerpo: nervioso, respiratorio y digestivo. Es un **periodo crítico** ya que el embrión es muy vulnerable a las influencias del ambiente prenatal. En esta fase se pueden producir alteraciones congénitas (sordera, paladar hendido, ceguera...), y abortos espontáneos.

Existen **dos principios que guían el desarrollo** del embrión hasta la adolescencia:

- **El principio proximodistal** indica que el desarrollo se efectúa desde la parte más próxima al eje central del cuerpo a la más alejada.
- **El principio cefalocaudal** indica que el desarrollo progresa de la cabeza a los pies.

A finales de este periodo, el embrión mide aproximadamente **2,5 cm**. No parece un ser humano pero se distinguen la cabeza y el cuerpo (se puede apreciar ojos, nariz, labio y lengua). El corazón late con fuerza, el estómago comienza a producir jugos digestivos, los riñones purifican la sangre, el sistema endocrino produce hormonas, los ovarios (en las niñas) y testículos (en los niños) aparecen ya formados; es decir, **todos los órganos están formados de forma primitiva**, necesitando varios meses para estar en pleno funcionamiento.

### ○ Periodo fetal.

Desde la novena semana al nacimiento. El organismo se denomina **feto**. En esta fase, el feto aumenta 10 veces su longitud y sus proporciones cambian considerablemente. Los órganos rudimentarios adquieren una estructura más precisa y compleja, y van estableciendo sus funciones. Al principio de esta etapa, aparecen las primeras células óseas.

**A las 16 semanas** (4º mes de embarazo) el feto mide **15-17 cm** y pesa alrededor de **100 gr**. Casi todos los sistemas básicos están desarrollados. Pero si naciera no sería viable (no hay conexión entre las neuronas del córtex cerebral, y no se han desarrollado todas las funciones para su supervivencia). El feto no puede respirar de forma independiente ya que el oxígeno lo recibe de la madre a través de la placenta. El feto debe producir un líquido llamado surfactante que le permitirá transmitir el oxígeno del aire a la sangre.

**Surfactante pulmonar:** complejo altamente tensoactivo que recubre la superficie del pulmón y proporciona estabilidad a los alvéolos ya que disminuye la tensión superficial de los mismos. Está formado por un 90% de lípidos y un 10% de proteínas aproximadamente.

Este líquido comienza a producirse sobre la **semana 23**, pero inicialmente su cantidad es muy baja, y si naciera en ese momento se produciría el síndrome de **distrés respiratorio** que habitualmente es mortal. Si nace entre las 24 y 28 semanas, podría sobrevivir pero es poco probable (sólo un 20% lo consigue y suelen acompañarse de problemas pulmonares, hemorragias cerebrales y desórdenes oculares).

A partir de la **semana 29** el feto es **viable**. El ritmo del corazón es muy rápido, se acelera la actividad de todos sus órganos y se forma una capa de grasa alrededor de todo el cuerpo para suavizar su piel arrugada. En las últimas 8-9 semanas el feto gana unos 225 gr a la semana.

Si nace en tiempo previsto, suele medir unos 50cm y pesa unos 3kg. Durante el parto las contracciones uterinas hacen que salgan el bebé y la placenta.

## • EL DESARROLLO FÍSICO

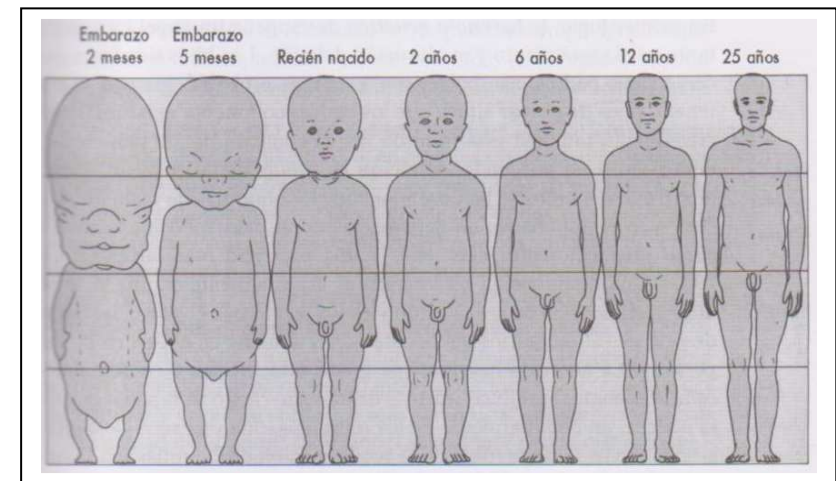
- Los principios proximodistal y cefalocaudal continúan dirigiendo el desarrollo después del nacimiento.
- En los tres primeros años se produce un aumento de peso y tamaño y un cambio cualitativo importante: el tamaño de la cabeza empieza a ser más proporcionado en relación al resto del cuerpo.
- En la primera infancia (3-6 años): Imagen un poco más atlética y fortalecimiento de los huesos.
- En la infancia intermedia (7-12 años): los factores que inciden en el crecimiento ya han dejado su huella.
- En la adolescencia cambios importantes: crecimiento súbito y características sexuales primarias y secundarias.
- Los factores que afectan al crecimiento son: herencia genética, nutrición, actividad física, clase social, deficiencias físicas y abusos psicológicos.

Durante y después del nacimiento el desarrollo físico es producto de la interacción del niño con su entorno. El crecimiento sigue los patrones cefalocaudal y proximal. El crecimiento del bebé progresa de la cabeza a los pies. La cabeza del recién nacido se aproxima más a las de un adulto que el resto del cuerpo. Los bebés aprenden a manejar sus extremidades superiores antes que las inferiores.

El principio proximodistal hace que el desarrollo se dirija desde las partes centrales del cuerpo hacia las externas. Es decir, el tronco se desarrolla antes que las extremidades; y brazos y piernas antes que los dedos de las manos y pies.

En los **tres primeros meses**, el crecimiento es más rápido que el del resto del ciclo vital. De **0 a 3 años** se observa un aumento de peso y tamaño. El mayor cambio afecta a la forma del cuerpo. La cabeza comienza a ser más proporcionada con el resto del cuerpo. Al finalizar los tres años, el bebé va perdiendo la redondez característica de sus primeros momentos de la vida.

De **3 a 6 años** (primera infancia), los niños suelen adelgazar y tienen una imagen más atlética. Aunque la cabeza sigue siendo relativamente más grande en relación al resto del cuerpo (pero va siendo más proporcionada). Los huesos se fortalecen, facilitando el desarrollo de muchas destrezas motrices.



**Las proporciones de la longitud del cuerpo en relación con la cabeza, tronco y piernas son muy diferentes a lo largo del ciclo vital.**

De **7 a 12 años** (infancia intermedia), los niños van creciendo y aumentando su peso. Las diferencias individuales comienzan a ser claras, y los factores que inciden en el crecimiento han dejado su huella. Las niñas retienen algo más de tejido graso que los niños (tendencia que se mantiene el resto de la vida).

En la **Adolescencia** se dan los siguientes cambios importantes en el aspecto físico:

- **Crecimiento súbito de talla y peso** (comienza antes en las niñas). Dura unos dos años y su final es síntoma de madurez sexual.
- **Características sexuales primarias.** Son los órganos que intervienen en la reproducción. En las niñas maduran los ovarios, útero y vagina. El primer síntoma de madurez sexual es la menarquia (primera menstruación). En los niños se agrandan y maduran el pene, testículos, próstata y vesículas seminales. El primer síntoma de madurez sexual es la presencia de espermatozoides en orina.
- **Características sexuales secundarias.** Cambios que no tienen que ver directamente con la reproducción. En las niñas, el crecimiento del pecho y aparición de bello púbico y axilar. En los niños, cambios en la voz, vello en pubis, axilas y cara. En otros la piel se torna más áspera y con más cantidad de grasa.

Existen **diferencias individuales** en el desarrollo físico de cada ser. Algunos de los **factores que afectan al crecimiento y madurez** de los humanos son:

- **Herencia genética:** Los hijos tienden a parecerse a sus padres (padres altos probablemente tendrán hijos altos).
- **Contexto:** El contexto donde tiene lugar el desarrollo también influye en el crecimiento.
- **Nutrición:** Los síntomas de mala nutrición suelen ir acompañados de deficiencias en el desarrollo intelectual, así como un crecimiento más lento y una pubertad más tardía. Una desnutrición prolongada es especialmente dañina si se produce en el periodo de gestación y en los primeros años de vida.  
**Desordenes alimentarios que suponen un serio problema para la salud son:**
  - **Anorexia nerviosa** que produce además de un riesgo para la salud, debilitamiento, piel seca, deshidratación, e incluso pérdida de la menstruación
  - **Bulimia** : se ingiere gran cantidad de comida y luego se provoca el vómito. Supone un serio problema para el crecimiento y madurez. Esta práctica suele dañar los dientes, irrita las encías y produce grietas en los labios.  
Anoréxicos y bulímicos y poseen un concepto distorsionado de la nutrición.
  - **Obesidad:** Además de los típicos problemas escolares y dificultades sociales, las niñas obesas suelen llegar a la pubertad antes que las no obesas, y los niños obesos dan el estirón más temprano que los no obesos.
- **Ejercicio:** Es beneficioso siempre que no se realice de forma extrema. Se ha comprobado que el alto entrenamiento de deportistas de élite pueden producir un crecimiento menor del sujeto. Las mujeres que practican atletismo de competición sufren periodos menstruales muy irregulares, e incluso les puede desaparecer la menstruación.
- **Clase social:** No es la pertenencia a una clase social en sí la que incide en el crecimiento, sino diversas variables que van asociadas al tipo de familia en la que el ser se desarrolla. No es lo mismo una clase social alta que una baja (diferencias en la nutrición, cuidados de salud, acceso a medicamentos...). La pobreza suele estar asociada en un retraso en el crecimiento y desarrollo (especialmente si este ambiente se produce entre los 3 y 36 meses de edad).
- **Existencia de deficiencias físicas:** Tanto la pituitaria como las glándulas tiroideas son cruciales para un crecimiento normal del niño. Un mal funcionamiento del tiroides puede provocar enanismo o gigantismo. Si el problema se detecta a tiempo, estas anomalías se pueden corregir. Alteraciones metabólicas, infecciones, enfermedades en el hígado, corazón o en los huesos pueden tener graves consecuencias en el crecimiento.
- **Traumas y abusos psicológicos:** estos pueden provocar un enlentecimiento en el crecimiento. En hogares donde es habitual encontrar agresividad, consumo abusivo de alcohol. Abusos sexuales... podemos encontrar niños y adolescentes con baja estatura y poco peso. Estos niños suelen tener un bajo nivel de la glándula pituitaria (imprescindible en el crecimiento). Si a estos niños se les separa de este ambiente, empiezan a crecer con normalidad (y se restablece la actividad de la pituitaria).

## • EL DESARROLLO PSICOMOTOR

Supone la manifestación externa del Sistema Nervioso Central (SNC). Se divide en dos categorías:

- Locomoción y desarrollo postural (habilidades motoras gruesas).
- Habilidad para usar las manos (habilidades motoras finas).

Las primeras experiencias de movimiento se realizan dentro del útero, donde el feto comienza hacer presión en el cuerpo de la madre al mover sus extremidades. El desarrollo psicomotor (curso dependiendo del desarrollo físico) es de vital importancia ya que es la base del desarrollo cognitivo, y del lenguaje, social y emocional. El desarrollo psicomotor es la manifestación externa del SNC.

Dicho desarrollo podemos dividirlo en dos categorías generales:

### • Locomoción y desarrollo postural.

**Son las habilidades motoras gruesas.** Tienen que ver con el control del cuerpo y la coordinación del movimiento de piernas y brazos.

Durante los dos primeros meses, el volumen de las piernas de un bebé, aumenta en gran medida en grasa pero no en musculatura. Esto hace que se tengan movimientos estereotipados como las patadas sin sentido, que suelen desaparecer en torno a los 2-5 meses. A partir de los 5 meses va ganando estabilidad en el cuerpo y las proporciones del organismo empiezan a cambiar: el centro de gravedad se dirige hacia abajo, las piernas se estiran y los hombros se ensanchan (estos cambios son la antesala del gateo). Hacia los 8-9 meses la mayoría pueden gatear, lo que les facilita el alcance de objetos y mayor proximidad con las personas. Cuando los bebés controlan su postura, ya están capacitados para ponerse de pie y caminar. Con ello, exploran más su entorno y muestran conductas de acercamiento hacia las personas (fomentando la interacción social) o de alejamiento (fomentando la autonomía). A la vez, los padres comienzan a tratar al hijo como un ser más independiente, esperando que el niño empiece a adaptarse a las rutinas y normas familiares. El hecho de andar aumenta la probabilidad de accidentes, por lo que los padres intervienen más en las actividades de los hijos.

Todo este proceso sigue una secuencia clara y predecible y obedece al principio cefalocaudal. Se produce por un lado gracias al crecimiento del esqueleto, aumento de la musculatura, maduración de los órganos internos y el desarrollo cerebral; y por otro, a la práctica de los diferentes movimientos.

### • Habilidad para usar las manos.

**Son las habilidades motoras finas:** la prensión. La habilidad de usar las manos con el objetivo de comer, explorar objetos...

El uso correcto de las manos puede considerarse como un tipo de inteligencia manual (revela parte de la naturaleza del pensamiento y resolución de problemas). Inicialmente, el movimiento de las manos del bebé es como un acto reflejo. Hacia los 2 meses tratan de coger objetos con el puño en vez de con la mano abierta (mientras brazos y hombros están controlados por el cerebro, la coordinación de las manos y los dedos está guiada por la corteza cerebral. A los 2 meses el sistema cortical no está coordinado con el sistema que controla los movimientos motores más gruesos). Sobre los 4-5 meses, el niño ya es capaz de coger las cosas con las manos abiertas. La precisión en conseguir la meta y el tiempo que emplea indican un funcionamiento muy armonizado del sistema sensorio motor que facilita al bebé controlar el movimiento. Hacia los 9 meses, muestra un gesto rápido, ágil y preciso a la hora de alcanzar un objeto. Es el momento en el que el niño se lleva todo a la boca. En torno a los 12 meses, exploran todo lo que tienen a su alcance a través de sus manos. Todo este proceso se rige por el principio proximodistal.

A partir de los 2 años se empieza a observar el desarrollo motor en su conjunto (habilidades motoras finas y gruesas). Los niños empiezan a superar su batalla con la gravedad y el equilibrio; se mueven sin problemas y manejan los objetos de forma eficaz.

Hasta los 7 años no son capaces de realizar con destreza ciertos movimientos de locomoción más compleja (saltar, correr, escalar, saltar a la comba...). En relación al uso de las manos, vemos como pueden tirar y/o coger distintos objetos con bastante precisión. Todas estas habilidades que aparecen en la infancia, pero debemos esperar hasta la adolescencia para observar una combinación creativa y refinada de los movimientos de locomoción y equilibrio con la manipulación de las manos.

El desarrollo psicomotor es el nexo privilegiado entre el desarrollo físico e intelectual, ya que la capacidad del niño para moverse le facilita no solo la información del mundo físico y social, sino también la información para conocerse y reconocerse a sí mismo.

El desarrollo motor y psicológico en general, viene determinado por el desarrollo del cerebro.

### Secuencia del desarrollo motor y la locomoción.

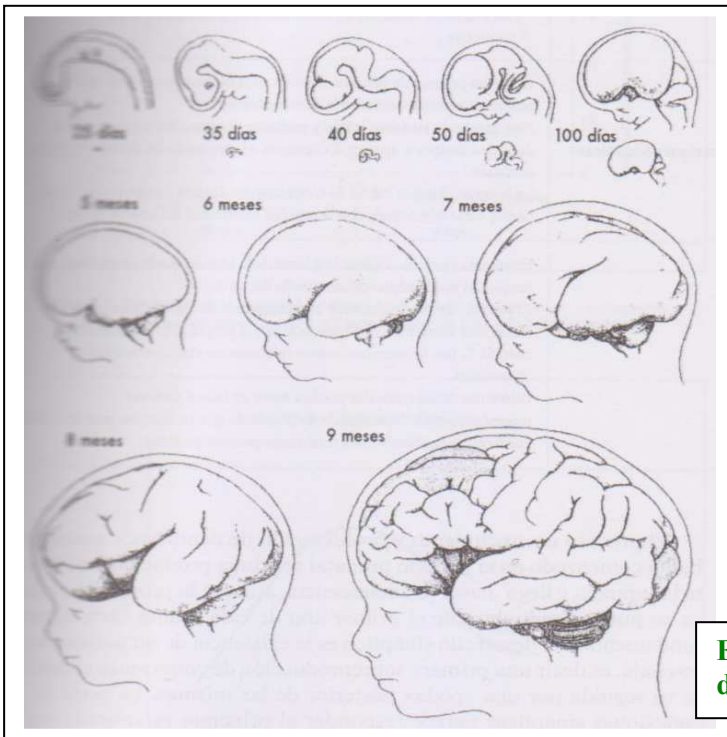


## 3. EL DESARROLLO CEREBRAL

- En el desarrollo prenatal del cerebro se produce un aumento significativo de este órgano. Las neuronas emigran de su lugar de origen estableciendo conexiones con otras neuronas, formando así la estructura del tejido cerebral. Igualmente se produce el desarrollo de los axones y dendritas y se establecen las conexiones sinápticas axón-dendrita.
- En el desarrollo postnatal se produce:
  - Una proliferación de dendritas y axones.
  - Un patrón de ascenso-caída donde las conexiones sinápticas más activas se fortalecen y las menos activas se debilitan/desaparecen.
  - Una plasticidad que supone que el cerebro puede establecer nuevas conexiones neuronales por lo que el ser humano es capaz de seguir aprendiendo a lo largo de todo el ciclo vital.

Compartimos las mismas estructuras cerebrales fundamentales con los primates no humanos, y con muchos de los mamíferos. Las diferencias principales con otros primates son el notable incremento de la corteza cerebral y la existencia de un periodo temporal más largo de desarrollo postnatal.

Las capacidades específicas de los humanos no son el resultado de la existencia de nuevas regiones cerebrales, sino que surgen del aumento de las áreas corticales y de la prolongación del desarrollo cerebral después del nacimiento, durante la infancia y la adolescencia.



### Fases del desarrollo cerebral prenatal:

De forma general vemos el aumento del tamaño y la creciente relevancia de la corteza cerebral. Las neuronas que posee el bebé en el momento de su nacimiento, han sido generadas en su mayor parte durante los primeros meses de embarazo (sobre todo entre los meses 4 y 5). Para sobrevivir, estas neuronas tienen que emigrar y establecer conexiones con otras neuronas semejantes, formando progresivamente la estructura del tejido cerebral.

Si nos centramos en el córtex cerebral, a los 4,5 meses el proceso de migración neuronal ha permitido que existan tres estratos diferenciados, y que a partir de los 7 meses de embarazo se alcancen los seis estratos finales de la corteza cerebral humana.

El desarrollo prenatal del cerebro también incluye el proceso de crecimiento y desarrollo de los axones y dendritas, así como el establecimiento de sinapsis axón-dendrita entre las neuronas, que se producen a partir del mes 5 de gestación.

Relacionar el desarrollo cerebral con el cognitivo, hace que el desarrollo postnatal sea relevante.

**El cerebro anterior, medio y posterior se originan a partir del tubo neural del embrión.**

### Debemos destacar tres aspectos o características fundamentales del desarrollo humano:

- Importante **crecimiento postnatal del cerebro humano**: La masa cerebral se cuadruplica entre el nacimiento y la edad adulta. Este crecimiento no se basa en el número de neuronas, sino en.
  - Un notable aumento del número de y complejidad de las dendritas.
  - Firme incremento de la densidad de las conexiones sinápticas en diversas regiones del córtex cerebral.
  - Incremento en el proceso de **mielinización** y con ello una mejora en la velocidad de transmisión de la información entre las neuronas.
- **Pérdida o "poda" de conexiones sinápticas que sigue al crecimiento anterior**. Existe un proceso de pérdida selectiva en el desarrollo cerebral, que se muestra principalmente en la densidad sináptica, Este patrón de aumento inicial y posterior disminución o "poda" de la densidad sináptica, aparece a diferentes edades según las diversas regiones corticales. La sobreproducción inicial de conexiones sinápticas y su posterior pérdida parece estar relacionada con la plasticidad cerebral infantil.
- **Plasticidad cerebral** (permite establecer nuevas conexiones neurales, permitiendo que determinadas áreas cerebrales se encarguen de nuevas funciones) como rasgo fundamental del cerebro en desarrollo. Existe evidencia a favor de que la plasticidad cerebral es una propiedad fundamental del desarrollo del córtex. El proceso de diferenciación y especialización de las diferentes áreas del córtex, está influenciado por la propia actividad neuronal, además de por factores intrínsecos relacionados con el "encendido automático". Diferentes zonas corticales pueden servir de base a diversas representaciones, dependiendo de la entrada que reciban; no parecen existir, por tanto, áreas funcionales totalmente predeterminadas.



El proceso de crecimiento y proliferación de dendritas y axones, que comenzó en el periodo prenatal, sigue durante la infancia y llega hasta la adolescencia, teniendo su punto álgido en el primer año de vida. Pero el rasgo fundamental del desarrollo sináptico es la existencia de un patrón ascenso-caída (sobreproducción de conexiones sinápticas, seguida por una "poda" posterior de las mismas).

La poda de las conexiones sinápticas parece responder al principio establecido por **Hebb** por el que las conexiones sinápticas más activas se fortalecen, y las menos activas se debilitan y eventualmente desaparecen.

Este patrón ascenso-caída de la densidad sináptica, aparece a diferentes edades según las diversas regiones corticales. Este patrón se pone de manifiesto tanto en las conexiones sinápticas como a través de la medida del consumo cerebral de glucosa durante la realización de determinadas tareas. Existe una típica secuencia de aumento durante la infancia, seguida de una disminución a partir de la pubertad. Pero el desarrollo no termina con la pubertad, ya que estudios recientes muestran que en la adolescencia se produce una "segunda oleada" en el desarrollo cerebral.

En el periodo adolescente se producen importantes cambios en el desarrollo de la corteza frontal y en el desarrollo de mielinización. En una parte del lóbulo frontal (circunvolución frontal media), la proliferación de sinapsis llega hasta la adolescencia, y la poda continua hasta la edad adulta. Por otra parte, la corteza frontal es la encargada de la realización de las **funciones ejecutivas**: organizan y dirigen los diferentes procesos cognitivos, que implican la capacidad de planificar de planificar la conducta, controlar la atención en las tareas, inhibir conductas inapropiadas o activar conocimientos en la memoria a largo plazo.

A partir de los 25 años, la poda sináptica finaliza, lo que significa que el establecimiento de las conexiones específicas que permiten realizar de forma adecuada las diversas tareas cognitivas (comprensión lectora, resolución de problemas matemáticos...) que requieren la activación de procesos de control ejecutivo, está en desarrollo durante toda la adolescencia y solo se consigue en forma plena con la llegada de la edad adulta.

El proceso de **mielinización** está sujeto a cambios importantes durante la adolescencia. La mielina (formada por lípidos y proteínas) recubre y aísla el axón de las neuronas permitiendo aumentar la velocidad de transmisión de la actividad nerviosa. Esto conlleva un aumento en la eficacia del procesamiento y en la realización de las tareas cognitivas. La mielinización se produce en oleadas que comienzan en el periodo prenatal, continúan en la infancia y adolescencia, y en algunas zonas específicas llega incluso a la edad adulta. Mediante RMf se ha comprobado que los cambios más importantes en la mielinización se producen en la adolescencia. En este período disminuye la materia gris cerebral (formada principalmente por los cuerpos de las neuronas) y se incrementa de materia blanca (constituida principalmente por la mielina que envuelve los axones). Esto a la vez, pone de manifiesto la poda sináptica y el incremento en la mielinización en la adolescencia.

El desarrollo cerebral no termina en la adolescencia. La actividad cerebral del adulto es inferior a la de los niños, sin embargo en la edad adulta se producen desarrollos cerebrales específicos, incluso crecen nuevas neuronas (al menos en el hipocampo); y lo que es más importante, sigue abierta la posibilidad de establecer nuevas conexiones, es decir, continúa la plasticidad.

**Maguire** nos mostró un ejemplo de cambio cerebral en la edad adulta con un caso de taxistas (examen del callejero de la ciudad y de cómo ir de un lugar a otro). Para aprobar se debe poseer un detallado conocimiento espacial. La parte del cerebro que nos ayuda en la ubicación espacial es el hipocampo. Con técnicas de RMf y estructural, se mostró que cuando los taxistas explicaban el camino que iban a recorrer, activaban el hipocampo. Es más, el hipocampo de los taxistas era más grande que el de los sujetos control. El tamaño de esta zona del hipocampo del taxista, correlacionaba con su experiencia (a mayor experiencia conduciendo, mayor era su hipocampo posterior). Es decir, su hipocampo posterior en la edad adulta, aumentaba a medida que utilizaban sus destrezas de navegación y experiencia.

El proceso de desarrollo cerebral está regulado genéticamente, especialmente en sus orígenes. Tanto la formación y desarrollo de las neuronas como la proliferación y sobreproducción de las sinapsis son procesos bajo control genético (aunque no se sabe con precisión que genes intervienen).

Los procesos de poda sináptica y el establecimiento de nuevos circuitos y redes sinápticas son procesos influenciados por el ambiente y la experiencia.

## 4. CEREBRO Y DESARROLLO COGNITIVO

### • DESARROLLO NEUROLÓGICO Y PERÍODOS SENSIBLES

En el ser humano no se puede hablar de períodos críticos sino de períodos sensibles que están relacionados con el patrón de ascenso-caída de las conexiones sinápticas.

El patrón ascenso-caída de las conexiones sinápticas y de la actividad neuronal, parece estar relacionado con la plasticidad cortical durante la infancia, y con la existencia de períodos sensibles en el desarrollo (frecuente objeto de estudio en el campo del desarrollo cognitivo y lingüístico).

Los períodos sensibles son fases de especial susceptibilidad a las influencias ambientales que facilitan el logro de ciertas habilidades cognitivas como la adquisición del lenguaje durante la infancia.

La noción de período crítico, enfatiza la importancia que la maduración biológica tiene en el desarrollo al resaltar la necesidad de que determinadas experiencias ocurran en un momento temporal determinado. Este concepto fue muy relevante en Psicología Evolutiva hace unos 40-50 años, gracias a la influencia de los estudios etológicos sobre el fenómeno de la impronta o troquelado (conducta de seguimiento del primer objeto que se mueve -habitualmente la madre- que muestran las crías de determinadas aves. La improntación ofrece evidentes beneficios para la supervivencia de las crías al mantenerlas próximas a la madre). El período para establecer el troquelado en las crías es bastante reducido, ya que la maduración del cerebro hace que varios días después de su nacimiento, eviten los objetos desconocidos y sean incapaces de vincularse a ellos. De esta manera, en un período determinado que fue llamado crítico, ciertas experiencias tienen una influencia perdurable en el desarrollo.

Otro ejemplo de **período crítico** en el desarrollo de la conducta animal es sobre el desarrollo temprano del sistema visual en los gatos. **Hubel y Wiesel** comprobaron que si se tapa uno de los ojos de un gato recién nacido durante un determinado tiempo, cuando el córtex visual está sufriendo determinados cambios, el animal quedará ciego de ese ojo. Es decir, la ausencia de experiencia visual en un breve período crítico, impediría de forma permanente el desarrollo de las conexiones entre ese ojo y el córtex cerebral. Recientemente se sostiene que parte de las funciones pueden ser parcialmente recuperables por la experiencia posterior, por lo que es preferible hablar de períodos sensibles, no críticos, en los que el cerebro resulta especialmente susceptible a las influencias ambientales y experiencias del individuo.

Existen diferencias entre el desarrollo cerebral humano y otros animales, especialmente la importancia de las áreas corticales y la existencia de un período temporal más largo de desarrollo; ambas características coinciden con la singular plasticidad de nuestro cerebro. Todo indica que no se puede hablar de períodos críticos en el desarrollo humano, aunque determinados aprendizajes pueden ser realizados de forma más sencilla y directa en determinados períodos sensibles. Como en otros animales, la existencia de estos períodos sensibles está relacionada con el patrón de ascenso-caída en el desarrollo de las diferentes zonas de la corteza cerebral. Existen determinadas habilidades como el reconocimiento de caras o sonidos, que se verán facilitadas si se tiene la experiencia adecuada antes de que se produzca la poda de las conexiones neuronales.

La adquisición y desarrollo del lenguaje está sujeto a la existencia de períodos sensibles tanto en la adquisición de los fonemas propia de una lengua determinada, como en la adquisición de la gramática, aunque no es así en el caso del léxico. La existencia de períodos sensibles en la adquisición de las habilidades lingüísticas coincide con el conocimiento que tenemos sobre el aprendizaje de segundas lenguas: los niños pueden aprender rápidamente una segunda lengua convirtiéndose en "maestros" de sus padres, especialmente respecto a las habilidades fonéticas y gramaticales; tras la pubertad es más difícil aprender lenguas extranjeras.

El caso de la segunda lengua, es también un ejemplo de la posibilidad de recuperación de las habilidades que no se han adquirido durante el período sensible. Es posible una recuperación, pero no completa y a través de estrategias y vías cerebrales probablemente diferentes. Aunque hay notables diferencias individuales, es posible aprender segundas lenguas en la edad adulta (con trabajo y tiempo); en cualquier caso, los hablantes nativos, cuando la lengua ha sido adquirida en la edad adulta, siempre notarán algunas diferencias, en particular las fonológicas.

## • BASES NEURONALES DEL DESARROLLO DE LA MEMORIA

- Existen dos sistemas básicos de memoria: la memoria explícita o declarativa y la implícita o procedimental.
- El desarrollo de la memoria explícita va unido al desarrollo del hipocampo, las zonas corticales que le rodean y otras zonas del córtex pre-frontal, así como el progresivo establecimiento de conexiones entre estas áreas.
- El desarrollo de la memoria implícita depende de los ganglios basales del cerebro.

Vamos a ver ahora la relación entre desarrollo cerebral y el desarrollo cognitivo (centrándonos en los sistemas de memoria). La memoria incluye un conjunto de habilidades diversas que se adquieren y están basadas en sistemas cerebrales diversos. Hablamos de dos sistemas básicos de memoria: la memoria explícita o declarativa, y la memoria implícita, no declarativa o procedimental.

La distinción entre **procesos cognitivos explícitos e implícitos** no afecta sólo a la memoria y el aprendizaje, sino también a los procesos de alto nivel como el pensamiento y al razonamiento.

Los procesos explícitos suelen ser consciente, intencionados, controlados y consumen recursos cognitivos. Entre las tareas de la memoria explícita destaca la adquisición y recuerdo de habilidades y destrezas (atarse los cordones, montar en bici...).

El desarrollo de la memoria explícita en bebés comienza en la segunda mitad del primer año de vida. Como muestran los estudios de imitación diferida. Ejemplo, el bebé puede reproducir un modelo (un adulto sacando la lengua) cuando éste ha desaparecido. Para ello necesita almacenar en su memoria una representación mental para utilizarla posteriormente. Esta memoria explícita depende de áreas neo-corticales específicas, áreas de la corteza que rodean el hipocampo, y el propio hipocampo. La imitación de movimientos de labios y lengua, es una conducta que realizan los recién nacidos delante de un modelo adulto. A las pocas semanas ya son capaces de una imitación diferida, lo que ha llevado a postular la existencia de una memoria pre-explícita, caracterizada por su aparición temprana y por depender principalmente del hipocampo.

El gradual desarrollo de la memoria explícita durante la infancia, (importante en años escolares con las exigencias del aprendizaje y memoria semántica) va unido al desarrollo del hipocampo, zonas corticales que le rodean y otras zonas del córtex prefrontal, así como el progresivo establecimiento de conexiones entre estas áreas.

Los cambios que se observan en la memoria entre los años pre-escolares y los de la enseñanza elemental son debidos probablemente a cambios en el córtex prefrontal, y a las conexiones entre éste y el lóbulo temporal medio. Tales cambios permiten el desarrollo de la habilidad de realizar operaciones mentales sobre los contenidos de la memoria, como la habilidad de utilizar estrategias para codificar y recuperar la información.

Los cambios en la memoria a largo plazo son debidos probablemente al desarrollo de las áreas neocorticales que se considera que almacenan esos contenidos, así como la mejora en la comunicación entre el neocórtex y el lóbulo temporal medio.

**Los procesos implícitos** suelen ser inconscientes, no intencionados ni controlados, se convierten en automáticos y no consumen recursos cognitivos. Las bases cerebrales de la memoria implícita, también llamada no semántica o procedimental son diferentes. Un primer tipo de memoria implícita son las conductas condicionadas.

Recordad que las **respuestas condicionadas**, son respuestas adquiridas mediante condicionamiento que están bajo el control de un estímulo asociado previamente. En el condicionamiento clásico la respuesta condicionada (ej, la salivación del perro de Pavlov) es producida por un estímulo que era neutro antes del condicionamiento (sonido de la campana) En el condicionamiento operante es una respuesta (ej, una paloma picotea tres veces una tecla) que va seguida por un reforzador (recibe alimento).

Tras el nacimiento, los bebés son capaces de aprendizaje y memoria condicionados. Es decir, son capaces de adquirir y recordar respuestas condicionadas tanto de tipo clásico o pauloviano (ejemplo a partir del reflejo palpebral. El bebé parpadea cuando recibe una ráfaga de aire, si al mismo tiempo emitimos un sonido específico y realizamos esta secuencia de conductas varias veces, la presentación en solitario del sonido producirá la respuesta condicionada del parpadeo. Parece claro que la base neuronal del aprendizaje y memoria condicional de este tipo no está en el cerebro sino en el cerebelo), como conductas condicionadas de tipo operante (la adquisición de las primeras conductas de este tipo, como conseguir que un muñeco se mueva o suene mediante un movimiento de las manos o pies, aparecen a partir de los tres meses y dependen de los ganglios basales del cerebro).

Al hablar de la inteligencia sensorio-motriz, a partir de esta edad los bebés empiezan a adquirir conductas progresivamente más complejas que implican una memoria procedimental, que les permitirán conseguir y atraer objetos, gatear o andar alrededor del primer año.

La adquisición de estas conductas no semánticas, procedimentales que incluyen también el montar en bici o escribir a máquina, continúa durante la infancia y dependen de zonas cerebrales que subyacen a la memoria semántica o explícita, como los ganglios basales y las cortezas frontal y motora.

Existe una clara disociación entre los dos tipos de memoria. La RMf muestra como las bases neuronales de las conductas prototípicas de ambos tipos de memoria, (recordar hechos y recordar destrezas motoras) son diferentes: el hipocampo y los ganglios basales.

Las personas con amnesia con lesiones en el hipocampo, y son incapaces de recordar o adquirir nuevos recuerdos, no pierden la capacidad de realizar secuencias motoras como andar o ir en bici, ni de adquirir nuevas habilidades motoras.

Por el contrario, personas con Parkinson, en donde se ven afectados los ganglios basales, muestran numerosos problemas en las habilidades procedimentales de tipo motor, como andar o hablar, y son incapaces de aprender destrezas motoras nuevas, mientras que muestran un buen recuerdo del pasado y de los sucesos que les ocurren.

## 5. A MODO DE CONCLUSIÓN: RELACIONES ENTRE EL DESARROLLO BIOLÓGICO Y PSICOLÓGICO.

La relación entre conducta y cerebro; es decir, entre conocimiento y desarrollo biológico, actúa en ambas direcciones.

### RESUMEN

- Desarrollo biológico y cerebral están relacionados con el desarrollo psicológico. Los humanos, tras la concepción afrontamos un largo período de desarrollo prenatal; proceso complejo en el que se producen cambios biológicos que darán lugar al nacimiento de un ser independiente.
- Los cambios biológicos continúan durante toda la vida, siendo más notables en la infancia, adolescencia y vejez.
- El desarrollo físico es producto de la interacción del niño y su entorno y sigue los patrones proximodistal y cefalocaudal que aparecen ya en el desarrollo prenatal. En la adolescencia se dan importantes cambios biológicos, marcados por el crecimiento físico y la maduración sexual. El desarrollo psicomotor se basa en el desarrollo físico y permite al niño moverse por el mundo, e interactuar con la realidad. La teoría piagetiana destaca que el desarrollo psicomotor está en el origen del desarrollo cognitivo y tiene una importancia central en el desarrollo social y emocional.
- Los estudios sobre las bases cerebrales del desarrollo psicológico tienen en común la búsqueda de paralelismos entre el nivel psicológico de la conducta y el nivel biológico de la actividad cerebral. Ambos desarrollos (cerebral y psicológico) son paralelos. Según Kagan y Baird "la maduración cerebral restringe el momento de aparición de las características psicológicas de nuestra especie y, aunque ésta sea necesaria, no es suficiente para la realización de los fenómenos psicológicos".
- El conocimiento sobre el funcionamiento del cerebro en desarrollo, ha mejorado con las nuevas técnicas y métodos cada vez menos invasivas y más precisas; aún así el intento de lograr una localización cerebral precisa de los procesos psicológicos, puede estar condenado al fracaso, debido a la naturaleza compleja y variable de esos procesos. Un ejemplo, los procesos metacognitivos de control, regulación e inhibición de la conducta, las funciones ejecutivas muestran un patrón evolutivo a lo largo de toda la infancia que no alcanza su cenit hasta la adolescencia y edad adulta. El estudio de las bases cerebrales de este desarrollo psicológico ha sido fructífero y ha mostrado que diversas conductas inhibitorias pueden tener bases cerebrales variables: la inhibición de conductas reflejas en el recién nacido (reflejos de la planta del pie o de Babinski) parecen depender del control inhibitorio ejercido por la corteza motora sobre el tronco cerebral, algo que sucede a los 2-3 meses del nacimiento; por su parte, el control inhibitorio que requiere responder adecuadamente a una tarea (ej, apretar una tecla siempre que aparece una letra excepto la "x") algo que se desarrolla en los años preescolares y escolares, exige la activación de áreas del córtex prefrontal, pero también de los ganglios basales.
- El establecimiento de un mapa específico y preciso de regiones cerebrales activas para un determinado proceso cognitivo como las funciones ejecutivas o el control inhibitorio, probablemente no es posible. Pero podemos decir que estos procesos cognitivos tienen una base neurológica principal en el córtex prefrontal, pero en esta región cerebral parecen residir los componentes computacionales que subyacen a un gran número de procesos cognitivos característicos de la mente humana.
- El establecimiento de relaciones específicas entre el nivel de la conducta y el cerebro, no evita la necesidad de proponer mecanismos estrictamente psicológicos que den cuenta de los procesos que tratamos de comprender. Las evidencias neurobiológicas, junto con las psicológicas son una fuente más en la contrastación de los mecanismos y teorías psicológicas que, asimismo, deberán incluir en su explicación las bases neurológicas de la conducta en desarrollo.
- Los mecanismos y teorías psicológicas pueden tener una importancia fundamental en la propia explicación del desarrollo del cerebro; es decir, la relación entre conducta y cerebro, entre conocimiento psicológico y biológico, actúa en ambas direcciones.