

# Aspectos filogenéticos y ontogénicos del cerebro humano

Rocío González Castañeda, Fernando Jáuregui Huerta,  
Yaveth Ruvalcaba Delgadillo, Sonia Luquín de Anda y Joaquín García Estrada

Uno de los eventos más importantes en la evolución del cerebro humano fue el proceso de encefalización. Dicho proceso favoreció una expansión del tamaño cerebral, además de una reorganización específica de las conexiones neuronales. De esta manera, los hombres son capaces de llevar a cabo diferentes funciones cognitivas, como el procesamiento lingüístico y la marcada facilidad para fabricar y manipular herramientas. Para realizar toda la gama de funciones —aprendizaje, memoria, percepción sensitiva, coordinación motora, etc.— se requiere una compleja y coordinada interacción molecular y celular desde el momento de la concepción del nuevo organismo. Durante la embriogénesis temprana, un número importante de progenitores neurales formarán la placa neural y empezarán de inmediato a diferenciarse para dar origen a las diferentes neuronas y células gliales. Estas células llevan un destino y una función precisa para realizar dentro del sistema nervioso central (SNC). Desde el principio se generan conexiones precisas; en el caso de las neuronas, estas envían sus axones hacia diferentes regiones del sistema nervioso y generan un proceso de formación selectiva de sinapsis. A través del desarrollo se refuerzan

algunos de los contactos sinápticos, y también se eliminan otros.

## ORIGEN DEL HOMBRE

En 1871 Darwin publicó, en su libro *El origen del hombre*, que el ser humano «descendía de un cuadrúpedo peludo, probablemente de costumbres arbóreas y con cola». Esta descripción provocó una revolución en el mundo de la ciencia, así como en la comunidad general.

Años más tarde surgió la idea de que ser descendientes de los monos no era del todo desagradable. Se postuló que el hombre se encontraba en la cumbre de un linaje de animales extinguidos parecidos a los monos, que fueron cambiados por el proceso de selección natural y convertidos en un resultado especial de la evolución, el *Homo sapiens sapiens*. La clasificación de la especie humana es la siguiente:

<b>Reino</b>	Animal
<b>Tipo</b>	Cordado
<b>Clase</b>	Mamífero
<b>Orden</b>	Primate
<b>Familia</b>	Homínido
<b>Género</b>	Homo
<b>Especie</b>	<i>Sapiens</i>

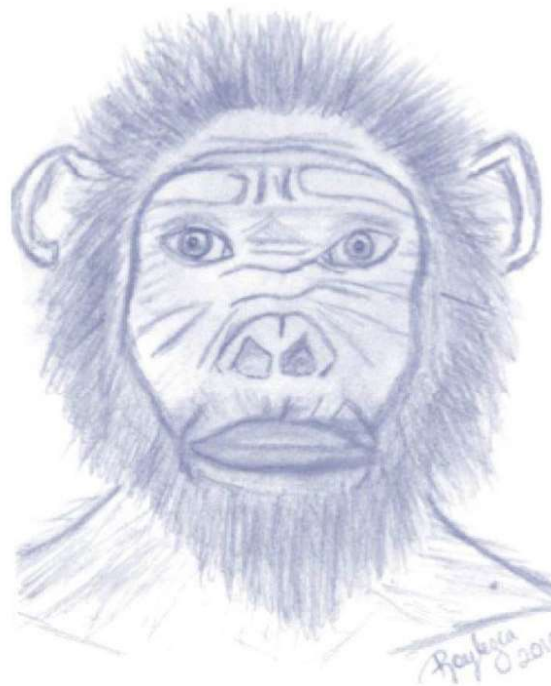
Mediante el estudio de diferentes registros fósiles se calcula que los primeros mamíferos aparecieron hace 180 millones de años. No se conoce con certeza cuándo surgieron los primeros mamíferos parecidos a los monos, pero se calcula que pudo ser hace 25 millones de años. El registro fósil de los monos es muy limitado; sin embargo, el *Ramapithecus* —la especie que a menudo se menciona como el antepasado de los monos y de los hombres— vivió aproximadamente hace unos 8 a 14 millones de años.

El registro fósil indica que hace 3 o 4 millones de años aparecen por primera vez animales parecidos al hombre. Estas criaturas se han encontrado en el este de África y han recibido el nombre de *Australopithecus* o australopitecinos, que quiere decir «simio sudafricano». En 1974 se encontraron en Hadar, Etiopía, los restos fósiles semicompletos de una mujer

de esta especie, con una antigüedad de 3,2 millones de años, a quien se identificó con el nombre de «Lucy».

Estas especies y sus descendientes son muy importantes, puesto que fueron las primeras en mostrar una característica distintiva del hombre: caminar erguido. Desde el descubrimiento de «Lucy», los esfuerzos científicos se concentraron en la búsqueda de su antecesor. Hallazgos recientes muestran evidencias del eslabón perdido con una antigüedad de 4,4 millones de años; son los restos de *Ardipithecus ramidus*, de Aramis, Etiopía. La [figura 1.1](#) muestra la representación de esta especie.

La observación de que estas especies caminaban erguidas se basa en la estructura de su pelvis y en el hallazgo de sus huellas fosilizadas, que indica cómo utilizaban sus pies. Las impresiones muestran un arco bien definido y un dedo grande que apunta hacia adelante, más que hacia los lados como



**FIGURA 1.1** Representación esquemática de *Ardipithecus ramidus*. Entre las características más importantes sobre esta especie, además de trepar árboles, se postula que podían caminar erguidos.

en los monos. Por otra parte, existe controversia al respecto, ya que algunos informes sostienen que sus pies eran distintos, tal vez diseñados para trepar a los árboles.

La bipedestación generó grandes ventajas. Por un lado, favoreció una mejor percepción del mundo circundante, ya que era posible detectar a mayor distancia los peligros que acechaban en el entorno, y mejoró la detección de las oportunidades de alimentarse. Además, tuvo como consecuencia la liberación de las extremidades superiores, lo que facilitó la manipulación progresiva de instrumentos para la alimentación y la defensa.

De manera paralela a estos cambios tan importantes para el desarrollo posterior de nuestra especie, se produjeron otros que facilitaron el aprovechamiento óptimo de la posición erecta, como, por ejemplo, el cambio en el orificio que une la base del cráneo con la columna vertebral (*foramen magnum*). Este foramen se halla en situación posterior en los animales cuadrúpedos, mientras que se ha desplazado a una localización inferior en los bípedos. La especial disposición del punto de conjunción entre cráneo y columna vertebral permite mantener la cabeza erguida sin dificultad, lo que facilitó en nuestros antepasados la visión amplia del entorno.

La idea de considerar al hombre como el producto final de un proceso lineal de selección natural resultaría pretenciosa, por lo que ahora se postula pensar en nuestra reciente evolución como un espeso árbol. Los australopitecinos se encontrarían en la base y, en una de sus ramas, aparecería nuestra especie como la única sobreviviente. Existe controversia en cuanto a la relación entre dos especies que parecen distintas, *Australopithecus africanus* y *A. aferensis*, cuyos restos fosilizados se descubrieron en Etiopía y el este de África. Algunas evidencias sugieren que ambas

especies coexistieron durante un largo periodo de tiempo.

Hace 2,3 millones de años apareció un tercer tipo de australopitecino, llamado *A. robustus*, que vivía en zonas boscosas y tenía una poderosa mandíbula que le ayudaba a comer alimentos muy duros. Su complexión era más pesada que la de *A. africanus*. La coexistencia de estas especies originó un género completamente nuevo, el *Homo*.

En el año 1964, en el barranco de Olduvai, en el África Oriental, se encontró un cráneo fosilizado con una antigüedad de 1,75 millones de años. Perteneció a un homínido que caminaba erguido, cuyo cerebro era, según los cálculos, aproximadamente de 800 cm<sup>3</sup>. Comparado con los australopitecinos, este homínido tenía el doble de capacidad craneana. Posteriormente, en 1972 se descubrieron otros restos de estos homínidos en el lago Turkana, África, y se comprobó de forma definitiva que el tamaño del cerebro constituía la mayor diferencia con los australopitecinos. Además de restos de huesos, se encontraron pedazos de herramientas, lo que nos hace pensar que, a pesar de su tamaño pequeño, su cerebro era relativamente grande. Por esta razón, esta especie fue llamada *Homo habilis*. La figura 1.2 ilustra la capacidad craneana de varias especies.

Entre hace 2 millones y 1 millón de años, el registro de homínidos vuelve a ser limitado, y al no encontrar australopitecinos se cree que se extinguieron en ese periodo de tiempo. Los únicos homínidos que quedaron desde entonces pertenecen al género *Homo*. A su vez, el *Homo habilis* también desaparece del registro fósil; sin embargo, se han descubierto numerosos fósiles con una antigüedad aproximada de 1 millón de años pertenecientes a homínidos que usaban herramientas y que ya utilizaban el fuego.

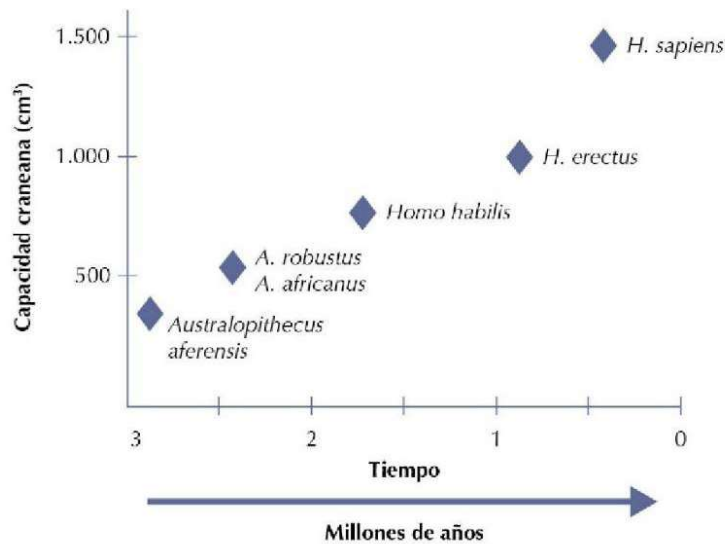


FIGURA 1.2 El gráfico muestra el incremento de la capacidad del cráneo en los homínidos desde hace 3 millones de años.

Otra especie de *Homo* que tiene una posición fundamental en nuestra historia es el *H. erectus* —hombre erguido—, cuyo nombre se le otorgó de manera equivocada al pensar que sus antecesores eran encorvados. Apareció hace 1,6 millones de años y perduró hasta hace 400.000 años. El cerebro de este individuo era más grande que el de los anteriores (1.000 cm<sup>3</sup>). Otra característica importante que lo diferencia de los australopitecinos y del *H. habilis* es que era nómada (fig. 1.3).

Los lugares en los que se han encontrado sus restos incluyen, sobre todo, Asia (China), África (Argelia, Tanzania

y Sudáfrica) y Europa (República Checa, Eslovaquia y Hungría). El uso del fuego le permitió sobrevivir en zonas con muy bajas temperaturas, lo cual amplió el área de distribución que tenían los australopitecinos.

El registro fósil vuelve a ser muy escaso entre 250.000 y 100.000 años. En ese periodo, el *Homo erectus* desaparece del registro fósil, pero aparece otro *Homo* en varias zonas de Europa, el Cercano Oriente y la Unión Soviética. Algunos lo han llamado *H. neanderthalensis*, pero también se le conoce como *H. sapiens neanderthalensis*. Se calcula que el hombre

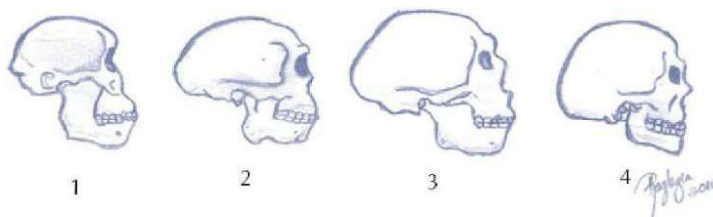


FIGURA 1.3 La ilustración muestra las características generales de los cráneos de algunos homínidos. 1. *Australopithecus*. 2. *Homo erectus*. 3. Hombre de Neandertal. 4. Hombre moderno.

de Neandertal tenía una estatura media de 1,63 m, con una capacidad craneana aproximadamente un 15% mayor que la del hombre moderno.

Una característica importante de esta especie ha sido corroborada al encontrar evidencias del inicio de una cultura religiosa. Al respecto, en la caverna de Shanidar, en Iraq, se han desenterrado varios restos de *H. neanderthalensis*, a partir de los cuales se ha podido concluir que enterraba a sus muertos y colocaba flores dentro de las tumbas.

El hombre moderno apareció en el registro fósil hace aproximadamente 40.000 años. No se sabe con certeza cómo surgió y cuál es su relación con el hombre de Neandertal. Se han formulado algunas teorías. Una de ellas propone que el hombre de Neandertal se extinguió y, desde otra línea de descendencia dentro del género *Homo*, se originó el *Homo sapiens*. Otra

sugiere que el hombre de Cro-Magnon reemplazó al de Neandertal, ya que estaba mejor adaptado al medio ambiente. La teoría más probable es que la línea de descendencia del hombre de Neandertal evolucionó para transformarlo en lo que es el hombre moderno (fig. 1.4). Hallazgos recientes han comprobado que el hombre de Neandertal coexistió con el *Homo sapiens*, y la descendencia que se produjo pobló Europa y se diseminó al oriente hasta China y Papúa Nueva Guinea. Debido a lo anterior, lo más conveniente es reclasificar el *Homo neanderthalensis* como *Homo sapiens neanderthalensis*, una subespecie del *Homo sapiens*.

Desde que apareció una criatura parecida al hombre hasta el momento en que era morfológicamente idéntica al mismo transcurrieron 4 millones de años con pocos hechos significativos, con excepción del desarrollo final del cerebro humano y sus



**FIGURA 1.4** La imagen muestra una representación esquemática de uno de los individuos del género *Homo*. Se puede observar que era muy similar al hombre actual.

procesos cognoscitivos. El *Homo erectus* había descubierto el uso del fuego, pero se postula que la anatomía de su aparato fonológico era incompatible con el habla compleja. El hombre de Neandertal tenía un cerebro grande, pero se cree que su lenguaje era muy primitivo.

El hombre de Cro-Magnon producía pinturas elaboradas en las paredes de cuevas y tallaba figuras de piedra y marfil, originando una de las primeras culturas humanas. Hacia el 7000 a. C., la agricultura y la cría de animales se establecieron en Oriente Medio; posteriormente, en esta misma región la escritura ideográfica se estableció hacia el 3000 a. C. La Edad Moderna empezó hacia el 1500 d. C., cuando prácticamente se inventó todo lo que nos rodea.

Aún quedan diferentes preguntas por responder, ya que, si consideramos todas las condiciones que se presentaron en la evolución del hombre —bipedismo, incremento de la capacidad cerebral, etc.—, ¿por qué nos llevó tanto tiempo utilizar nuestro cerebro como ahora lo hacemos? ¿Cómo tuvo lugar el desarrollo cerebral? ¿Siempre hemos sido la única especie inteligente?

## TEORÍAS DE LA EVOLUCIÓN DEL CEREBRO

Las primeras teorías acerca de la evolución del cerebro estuvieron influidas por la idea de que tanto el tamaño como la complejidad del cerebro cambiaban conforme transcurría el tiempo. Los tejidos blandos como los cerebros no se fosilizan, por lo que los cambios parecían evidentes al comparar diferentes especies de animales en una escala filogenética. Entonces se observó que el tamaño del cerebro (con respecto al peso corporal) y su grado de complejidad (de acuerdo con

el grado de diferenciación) se incrementaban de una manera lineal de los peces a los anfibios, reptiles, aves, mamíferos primitivos, primates y, finalmente, a los humanos.

Actualmente se considera que el primer paso en el ascenso evolutivo en la corteza cerebral del ser humano es su crecimiento, que ocurrió principalmente por la expansión de su superficie cortical sin un aumento significativo en su grosor. Además, se cree que este proceso no es exclusivamente dependiente del número de neuronas, sino también de la cantidad de sus conexiones, de la aparición de nuevas estirpes celulares y de nuevas vías de migración celular.

Se propone, además, que la complejidad del cerebro ocurre principalmente por una adición secuencial de regiones a los cerebros ancestros, junto con la expansión de regiones corticales, lo que forma un mosaico de áreas nuevas y más especializadas. El mejor ejemplo de esta evolución lineal es la popular teoría de que el prosencéfalo (cerebro anterior) se incrementa tanto en el tamaño como en su complejidad de los peces a los humanos. De acuerdo con esta noción, el cerebro anterior de los vertebrados primitivos (peces y anfibios) se considera pequeño, indiferenciado y dominado principalmente por el sentido del olfato. Con el origen de los reptiles y las aves se postuló que el cerebro presentó un incremento en su tamaño y desarrolló una nueva región llamada *neopallio* primordial, a la que se le atribuía el procesamiento de la información sensorial.

Se cree que la forma en que esto ocurrió fue mediante la inducción de cambios en una población neuronal homogénea a través de los impulsos que recibían de la periferia por el tálamo (hipótesis de la *tabula rasa*) o cuando los progenitores

corticales son por sí mismos elementos diana en la evolución (hipótesis del protomapa).

Se postula que la neocorteza se desarrolló solo en los mamíferos y que su complejidad se hizo más evidente en los humanos. De acuerdo con este punto de vista, los reptiles y las aves presentan conductas instintivas estereotipadas debido a que su cerebro está compuesto primordialmente por estructuras no corticales, mientras que los mamíferos exhiben plasticidad cerebral y aprendizaje, lo que se atribuye a que poseen una verdadera neocorteza.

Es importante resaltar que la teoría antes señalada ha sido muy debatida. Numerosas investigaciones han demostrado que tanto los reptiles como las aves presentan complejas conductas de aprendizaje, así como plasticidad cerebral. Mediante diferentes técnicas que evalúan la composición química y las conexiones axónicas de las estructuras cerebrales, se han descrito algunos errores en la interpretación de la teoría antes señalada. Al respecto se demostró que el desarrollo de la neocorteza no es exclusivo de los mamíferos, ya que actualmente se postula que estuvo presente —aunque menos diferenciado— desde los primeros vertebrados. Este nuevo paradigma propuso que las divisiones fundamentales del cerebro se encuentran presentes en todos los vertebrados y que sus cerebros se desarrollan modificando estas divisiones básicas (en concordancia con la ya mencionada hipótesis de los protomapas).

Este paradigma inició una intensa búsqueda para identificar las regiones cerebrales conservadas entre los vertebrados. Pese al novedoso hallazgo de las mismas, también se demostró que no se encontraban presentes de igual manera en todos los vertebrados, es decir, que

existen especies sin evidencias aparentes de los cambios esperados. Por ello se han planteado las siguientes consideraciones:

- Se desarrollan únicamente en una rama del árbol evolutivo.
- Pudieron perderse en una o más líneas evolutivas.
- Algunas veces se desarrollan de manera independiente en las diferentes líneas.

Con base en lo anterior, observamos la magnitud del problema al tratar de esclarecer dichos cambios en el tiempo. Las primeras teorías postulan que el avance siempre va a partir de lo más simple, a diferencia de otras opiniones que aseguran que la evolución no siempre procede de lo simple a lo complejo. También resultó insostenible decir que las características primitivas son las que se encuentran en los animales cuya posición en la escala filogenética se encuentra más abajo. Los argumentos de Darwin postulan que la evolución produce árboles filogenéticos, y no escalas o escaleras.

Dadas las dificultades en el esclarecimiento de los cambios evolutivos, Willi Henning (1966) desarrolló un método de análisis llamado cladística (*klados* = rama) para analizar las «propiedades derivadas compartidas» de los diferentes organismos que se están estudiando. Actualmente, el análisis cladístico integra la mayoría de los sistemas modernos de clasificación biológica, en donde se busca agrupar los organismos por sus relaciones evolutivas.

Uno de los hallazgos más importantes en el estudio de la evolución del cerebro fue que tanto su tamaño como su complejidad se presentan de manera independiente entre los vertebrados (peces pulmonados, tiburones, aves, cetáceos y primates), de tal manera que los peces de coral, los loros, los delfines, etc., tienen cerebros

complejos no por encontrarse en la cima de la escala filogenética, sino porque cada uno pertenece a un grupo taxonómico en el que se favorecieron esos cambios.

Con el análisis cladístico de la evolución del cerebro se pudo asumir que el cerebro de los vertebrados no evolucionó de manera lineal de lo simple a lo complejo, sino en direcciones divergentes en los diferentes linajes.

## EVOLUCIÓN DEL ENCÉFALO HUMANO

La ciencia considera actualmente como punto central la investigación de lo que nos hace diferentes de otras especies animales. Las respuestas son múltiples, pero una de las más importantes sugiere que es nuestro cerebro lo que nos hace diferentes. En él residen las claves para entender la singularidad de nuestro comportamiento. Con el afán de comprender mejor esta diferencia, tenemos la oportunidad de comparar nuestro cerebro con el del chimpancé o con los de otras especies genéticamente cercanas a la nuestra. Podemos comparar cerebros entre especies vivas tanto macroscópica como microscópicamente y llegar a una conclusión acerca de en qué difiere nuestro cerebro del de otras especies. También podemos realizar la comparación mediante el estudio tradicional de la paleoantropología, que, aunque superficial, también nos permite una aproximación de las diferencias entre nuestro cerebro con el de otras especies del género *Homo*.

Debido a que los tejidos blandos, como los encéfalos, no dejan registros fósiles, las conclusiones deben deducirse a partir de la forma, tamaño y otras dimensiones del interior del cráneo. Por lo general, se consideran dos medidas: la capacidad craneal y el modelo de surcos.

## Capacidad craneal

La capacidad craneal sirve para estimar el tamaño del cerebro de un animal. Debido a que el cerebro es un tejido que se degrada, el único vestigio que permanece de él es la huella de las envolturas del cerebro, las meninges, en su contacto con la parte interior del cráneo, también llamado endocráneo. Con estos registros se puede llevar a cabo una estimación del volumen del cerebro que permite indicar cómo era su forma.

## Modelo de surcos

Por medio del modelo de surcos y circunvoluciones de la superficie de los hemisferios cerebrales se puede estimar la organización cerebral. Es posible determinar la posición y el tamaño relativo de los surcos más grandes, que representan la ubicación de las grandes arterias. Se ha postulado que el desarrollo de las circunvoluciones es el resultado de la expansión de la superficie cortical. Su desarrollo no parece, sin embargo, producirse al azar, ya que el patrón de formación es constante y altamente reproducible entre especies.

## TAMAÑO Y FORMA DEL CEREBRO

Una de las características más importantes de nuestro cerebro es su tamaño, ya que es más grande que el de otros animales. En este contexto, Jerison (1973) ideó el cociente de encefalización, o *EQ*, definido como la relación del tamaño real del cerebro con el tamaño esperado en relación con el tamaño corporal. Propuso que la relación entre el tamaño del cerebro y el del cuerpo debe hacerse considerando que los cuerpos más pequeños tienden a tener cerebros más grandes, a diferencia de los cuerpos más grandes, que tienen cerebros



comparativamente más pequeños. Estas mediciones corresponden al método de la alometría.

Para medir la encefalización de una especie se debe aplicar un factor de corrección (0,75 con respecto al peso del cuerpo) que considere las relaciones alométricas. Este factor de corrección implica el cálculo de cuál sería el peso del cerebro esperado para un determinado peso del cuerpo. Si el peso del cerebro excede ese valor, entonces podríamos hablar de una especie más encefalizada.

Por otra parte, existe controversia acerca de la creencia clásica, ya que algunos investigadores opinan que la medida más válida para estimar la encefalización de una especie debe ser el peso absoluto, y no el relativo. Sin embargo, debe quedar claro que el tamaño absoluto puede ser más importante que el relativo solo cuando se comparen grupos taxonómicos cercanos, pero no al comparar, por ejemplo, ballenas con humanos.

En todo caso, considerando cualquiera de las dos medidas de encefalización (la absoluta y la relativa), está claro que el cerebro del *Homo sapiens* es mayor que el del chimpancé, la especie más cercana desde el punto de vista evolutivo.

En paralelo al aumento del tamaño del cerebral, debemos considerar un incremento de la densidad neuronal. Sin embargo, sabemos que este no siempre es indicativo de una mayor capacidad, pero sí quizá de mayor complejidad estructural. Algunos autores propusieron que el principal mecanismo para desarrollar un cerebro más grande se produce durante el desarrollo embrionario, al formarse las células precursoras que darán origen a las neuronas para favorecer una mayor extensión de la superficie cerebral.

Otra característica importante en el cerebro humano es su organización interna. Mediante resonancia magnética, se analizaron los volúmenes de los lóbulos cerebrales de

simios y del hombre. Los resultados mostraron que, en el humano, dichos lóbulos son más grandes en áreas específicas, mientras que otras muestran una disminución.

En general, se ha comunicado que los lóbulos frontales no muestran mayor volumen esperado para nuestra especie; sin embargo, al realizar un análisis microscópico detallado, se confirmó que el área 10 de la corteza prefrontal presenta un significativo aumento. Por su parte, se ha demostrado que también otras áreas de la región prefrontal cercanas a la ya descrita han aumentado en nuestra especie, como el área 13 y las zonas motoras y promotoras. Semendeferi y Damasio (2000) descubrieron que los lóbulos temporales son más grandes en la especie humana —recordemos que estos lóbulos son importantes para los procesos cognitivos superiores, como el aprendizaje, el lenguaje y la memoria.

En cuanto se refiere a los lóbulos parietales, los hallazgos son controvertidos. Hay autores que afirman que existe una expansión de las áreas asociativas de dichos lóbulos, mientras que otros sostienen lo contrario. Una de las áreas que experimentó un incremento notable fue la relacionada con el procesamiento de la sintaxis y la gramática, lo que confiere una de las particularidades del lenguaje humano.

Aunque no tan estudiado como las regiones antes mencionadas, el cerebelo ha sido una estructura importante en nuestra evolución. Weaver (2005) afirma que la contribución del cerebelo en los procesos cognitivos de los humanos se llevó a cabo gracias a la interacción recíproca entre el mismo y las diferentes regiones de la neocorteza. Así, encontramos en el cerebelo tres áreas definidas por sus conexiones y funciones: el arquicerebelo, conectado con la región vestibular y encargado del equilibrio; el paleocerebelo, en relación con los impulsos espinales y regulador

del tono muscular, y el neocerebelo, con conexiones con la corteza e involucrado en la planificación del movimiento.

Hasta ahora hemos considerado los aspectos generales en la evolución de la especie y el cerebro humanos. A continuación describiremos los mecanismos ontogénicos que inducen su formación.

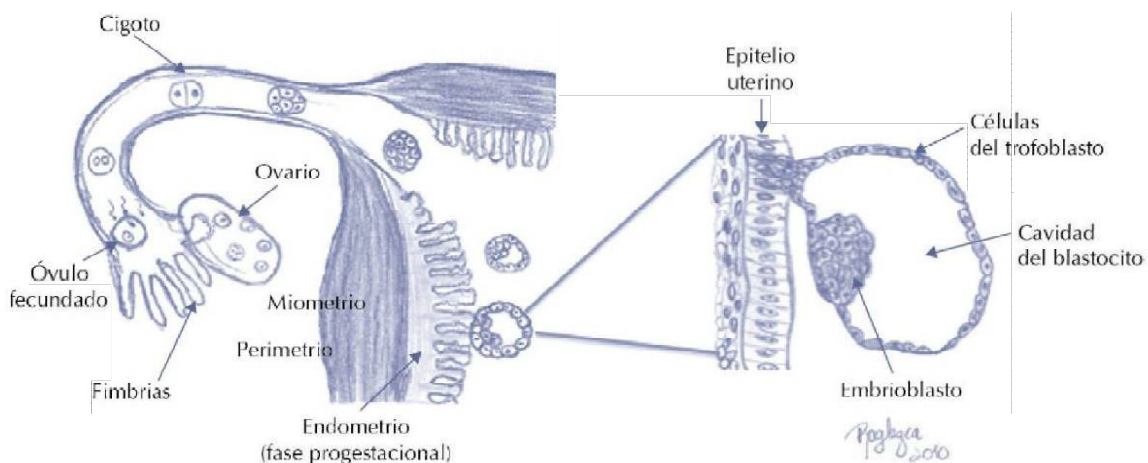
## ONTOGENIA DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL HUMANO

El desarrollo del sistema nervioso central (SNC) requiere un proceso altamente coordinado desde el momento de la concepción. De manera breve, describiremos a continuación los pasos que se presentan una vez que se ha realizado la fecundación.

El huevo fecundado, ahora llamado cigoto, viaja a través de las trompas de Falopio para implantarse en la cavidad uterina. Durante su trayecto, las células continúan dividiéndose constantemente. Al comienzo de la segunda semana de

gestación se logra diferenciar un disco germinativo bilaminar. Las células ubicadas en la región externa son las del trofoblasto, las cuales, en etapas posteriores, darán origen a la futura placenta; las de la masa celular interna, o embrioblasto, originarán el embrión. La [figura 1.5](#) ilustra estos aspectos.

Hacia la tercera semana de desarrollo tiene lugar la gastrulación, proceso mediante el cual se establecen las tres capas germinativas que darán origen a todos los tejidos y órganos del embrión: ectodermo, mesodermo y endodermo. El ectodermo dará paso al sistema nervioso central y periférico. Del mesodermo se originarán los huesos del esqueleto, los músculos y el tejido conjuntivo. Finalmente, el endodermo, la capa más interna, da lugar al intestino, los pulmones y el hígado. Durante el periodo trilaminar se inicia el desarrollo del sistema nervioso central (SNC) como una placa alargada del ectodermo engrosado, por delante del nódulo primitivo, conocida como placa neural ([fig. 1.6A](#)).



**FIGURA 1.5** Esquema que muestra los acontecimientos que tienen lugar durante la primera semana del desarrollo humano. Una vez fecundado, el óvulo tarda aproximadamente 1 semana en llegar a la cavidad uterina para implantarse; mientras tanto, las células continúan dividiéndose. En la segunda semana se logra distinguir las células del embrioblasto y las del trofoblasto.