

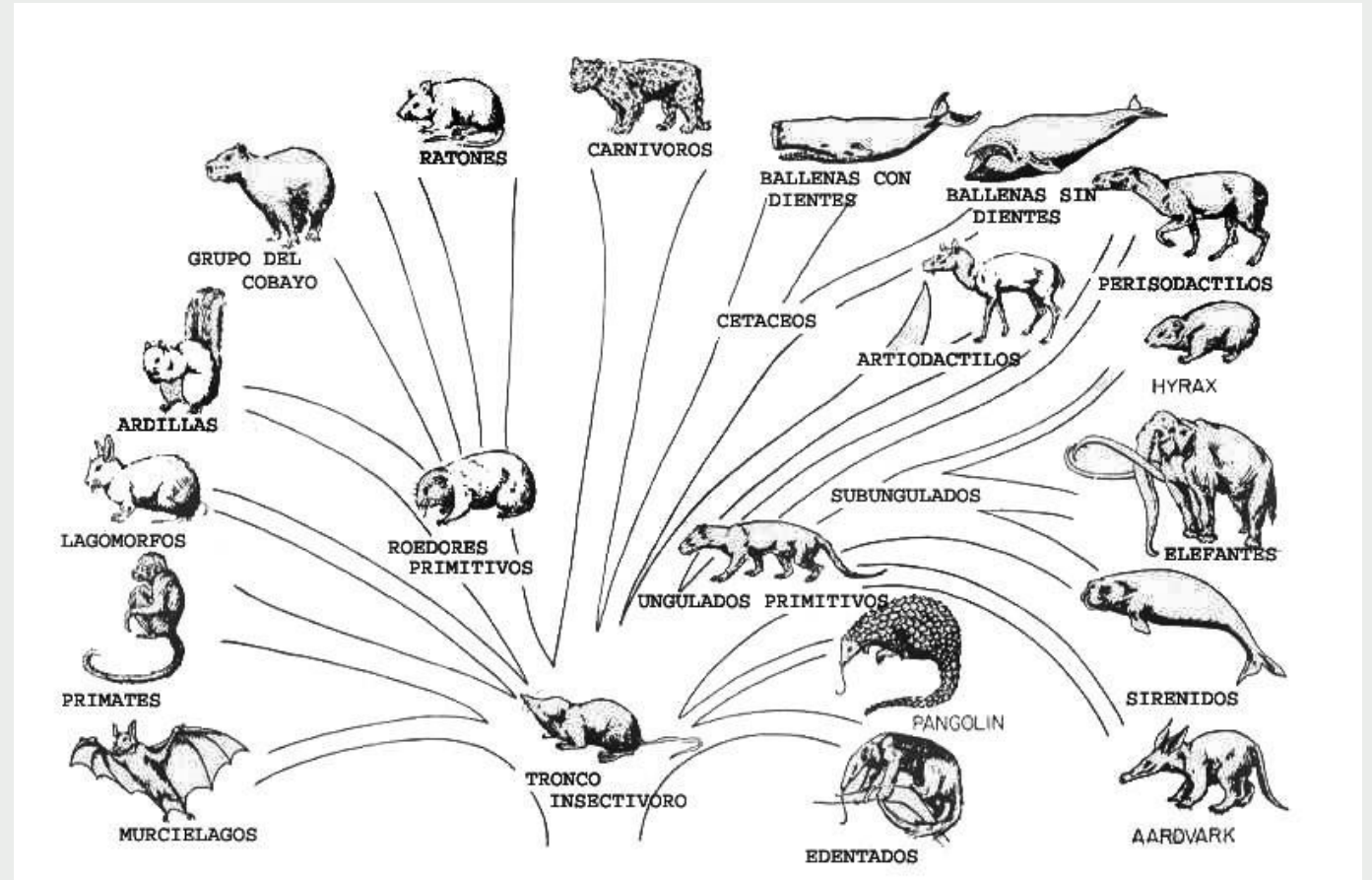
**FILOGENIA DEL SISTEMA
NERVIOSO
TEMA 10**

**Fundamentos de Psicobiología
curso**

2021/2022

**Tutora: Mónica Martínez
Ramos.**

**Correo electrónico:
monmartinez@seu-
durgell.uned.es**



■ ADQUISICIÓN DEL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN NEURONAL

La Neurona

■ FILOGENIA DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

El Sistema Nervioso Ganglionar

El Sistema Nervioso de Vertebrados

El Colículo Superior

El Cerebelo

Los Hemisferios Cerebrales

■ FACTORES INVOLUCRADOS EN EL DESARROLLO DEL ENCÉFALO

El Tamaño del Encéfalo

Relación entre Diferentes Estrategias Evolutivas y el CE

Factores Fisiológicos Relacionados con el CE

Factores Ecológicos Involucrados en el Aumento del CE

Factores Etológicos Involucrados en el Aumento del CE

■ EL ENCÉFALO DE LOS HOMÍNIDOS

El Uso de Herramientas

Cambios en la Reproducción

Cambios en la Ontogenia

Interacción Social

El Lenguaje

La Especie Humana

¿Qué veremos?

- ✓ Como a lo largo de la evolución han ido apareciendo las distintas formas de vida y con esto las primeras células: la Neurona.
- ✓ Cual ha sido la evolución filogenética a lo largo del árbol de la vida.
- ✓ Factores involucrados en el desarrollo del encéfalo.
- ✓ El encéfalo de los Homínidos.

Concepto clave:

Filogenia:

Conjunto de relaciones evolutivas entre especies o grupos de especies que se suele representar como un árbol genealógico o de familia.

AQUISICIÓN DE LAS PROPIEDADES BÁSICAS DEL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN NEURONAL

Las bacterias son organismos unicelulares que carecen de núcleo y, por eso, se les agrupa en un reino independiente del de los animales, el reino Monera, que apareció hace unos 3200 millones de años.

El objetivo de traer aquí a las bacterias es para mostrar que los elementos básicos que permiten a las neuronas recibir y procesar información para generar respuestas adaptativas aparecen ya en organismos filogenéticamente tan antiguos como los **procariotas**.

Escherichia coli (E. coli), es una **bacteria** que habita en nuestro tracto intestinal ayudándonos a digerir los alimentos que ingerimos y, como ahora vamos a comprobar, a «digerir» también algunas de las dudas que el origen de nuestro sistema nervioso pueda plantearnos.

Para comenzar, podemos afirmar que E. coli siente, recuerda e investiga su medio ambiente, como si se tratase realmente de un animal.

¿Por qué puede actuar así? Gracias a tres circunstancias. 1: posee receptores; 2: los receptores provocan una respuesta; 3: todo esto provoca cambio de actividad de su conducta (buscar o alejar) en función del ambiente y posee memoria.

Son capaces de emitir un comportamiento, sin sistema nervioso (son unicelulares).

1-La Neuron

La Neuron es Pluricelular, aunque tiene similitudes con las bacterias.

El tiempo que separa a las bacterias y los primeros animales es de miles de millones de años, pues los organismos pluricelulares y heterótrofos que llamamos **Metazoos** aparecen hace unos 600-700 millones de años y con ellos las primeras neuronas.

El origen de las neuronas sigue envuelto en dudas son variadas las hipótesis planteadas para dale explicación.

Parece haber consenso en que procederían de células epiteliales que se fueron especializando en células neuroepiteliales sensibles a estímulos mecánicos, electromagnéticos y químicos, que transducirían en seña les químicas y eléctricas capaces de dar una respuesta rápida y autónoma en los primeros metazoos.

Los poríferos (las esponjas) eran considerados los animales filogenéticamente más antiguos del reino de los Metazoos. Estos no presentan neuronas. Filogenéticamente más recientes son los **placozoos** (que también carecen de neuronas) y luego surgirían los cnidarios y ctenóforos. En estos dos últimos grupos aparecen por primera vez las neuronas y con ellas el movimiento activo dirigido, la motricidad de los animales pluricelulares.

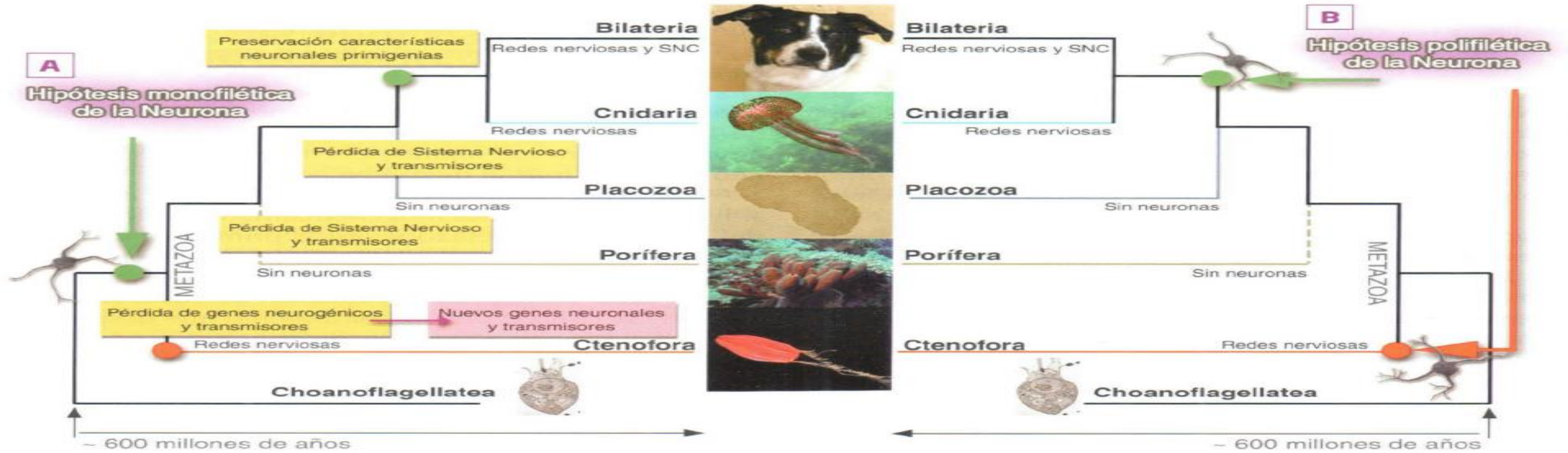


Figura 10.1

¿Cuándo surge la neurona como entidad independiente y especializada en el procesamiento de la información?

Existen dos hipótesis sobre el origen de la neurona:

(A) La hipótesis monofilética apoya un origen único de las neuronas (procesos de silenciamiento de algunos genes), aunque, con los ctenóforos en la posición más antigua de los metazoos, implicaría discontinuidades, involuciones y nuevas implementaciones en el origen neuronal, ya que ni los poríferos y los placozoos tienen neuronas. Tampoco explicaría las diferencias notables entre las neuronas de ctenóforos y las del resto de animales.

(B) La hipótesis polifilética (que parece más parsimoniosa a la luz de los datos actuales) plantea que las neuronas surgirían primero en el grupo de los ctenóforos y con posterioridad en los cnidarios, con los que el resto de animales compartimos un tronco común. Se trataría, por tanto de un caso de **evolución convergente**.

2-FILOGENIA DEL SISTEMA NERVIOSO

Desde los estudios de Filogenia Molecular señalan varios factores de transcripción presentes en eventos tempranos de la Neurogénesis.

Hacemos un recorrido desde modelos mas básicos como es **La Hidra un cnidarios** (Grupo de celentéreos, que salvo rara excepción, como la hidra de las aguas dulces, son marinos, de vida planctónica, como las medusas, o viven fijos en el fondo, como las actinias, a veces en colonias como los corales o las madréporas).

Su tejido nervioso esta formado por neuronas que se distribuyen por **Red Nerviosa Difusa**:

- 1- células nerviosas bipolares y multipolares.
- 2-prolongación neuronal sin diferenciación funcional clara (confusión axón y dendritas).
- 3- neurona genera impulsos nerviosos se transmite por la red en todas direcciones por igual.
- 4- Neuronas muy próximas a los órganos efectores.
- 5- no existe especialización regional (responde estímulos tanto si se separa como si esta intacto).

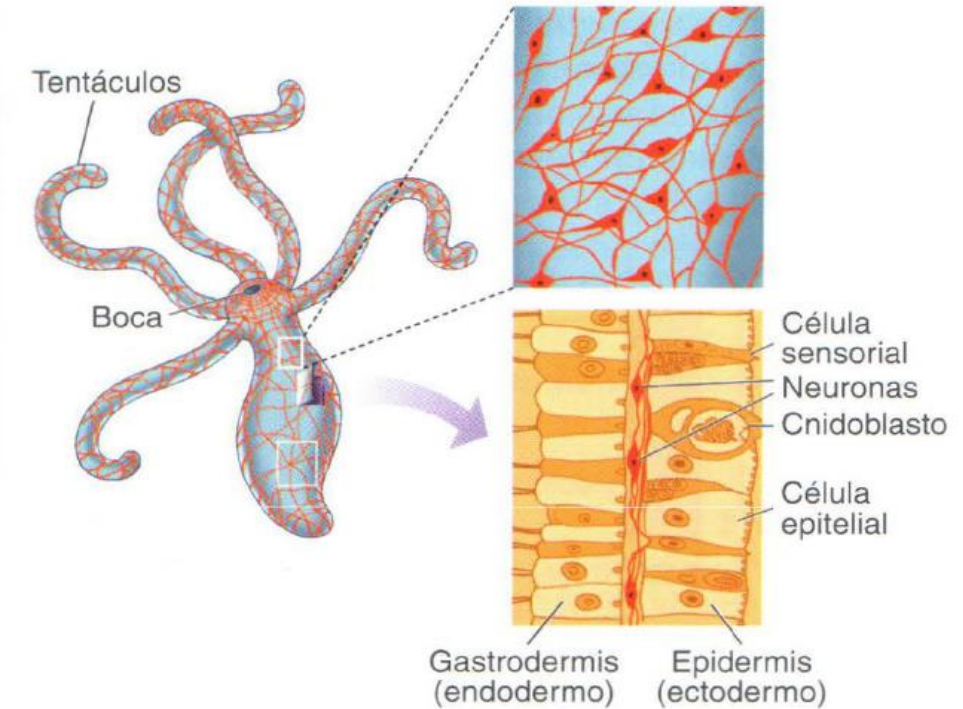


Figura 10.2



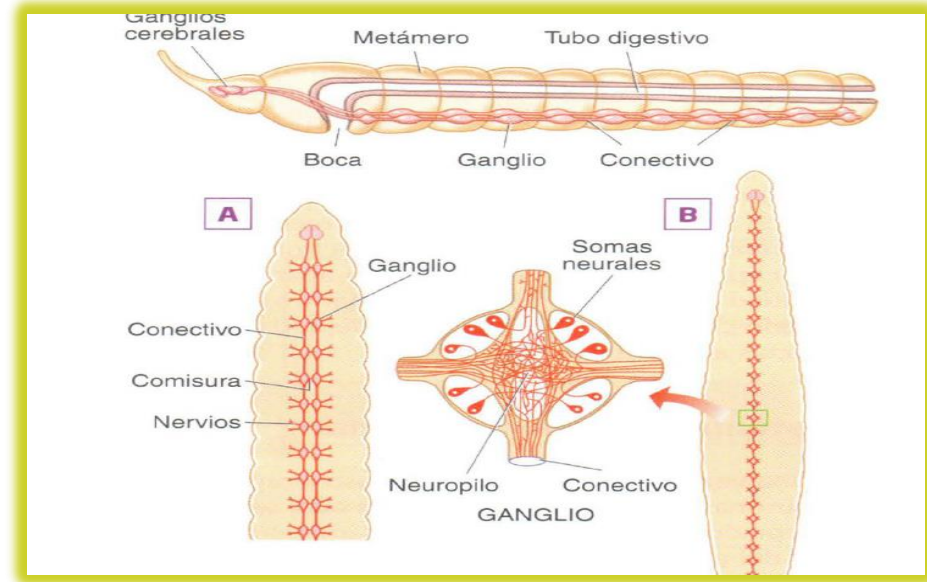
A) El Sistema Nervioso Ganglionar

Los cnidarios mas recientes, (medusas y anémona) además de la red nerviosa difusa, empieza a aparecer las agrupaciones neuronales simples:

Sistema Nervioso Ganglionar que aparecerá en los anélidos.

Esta nueva organización neuronal comenzó con su agrupación en una masa compacta, el **ganglio**, que favorece un contacto más rápido entre las células nerviosas y un mayor grado de integración de la información y, un comportamiento más eficiente.

Al proceso general que a lo largo de la filogenia ha favorecido una mayor y progresiva acumulación de neuronas en la parte anterior del cuerpo de distintas especies animales, se le llama **encefalización** y nuestro encéfalo también es resultado de él.



Las lombrices de tierra (A) y sanguijuelas (B) son animales que pertenecen al phylum de los anélidos. Animales de cuerpo cilíndrico y simetría bilateral que en su fase embrionaria ya presentan las tres capas celulares que poseemos los mamíferos (ectodermo, mesodermo y endodermo, a partir de las cuales se desarrollan los distintos tejidos del animal adulto) y celoma (la cavidad en la que se alojan los órganos del animal). Además, poseen una **organización metamérica**, esto es, **un cuerpo segmentado en unidades llamadas metámeros**. Esta circunstancia hace que el sistema nervioso de este grupo presente una organización general básica también segmentada, metamérica, que perdura en vertebrados. En la parte anterodorsal se sitúan los ganglios cerebrales que se unen a través de conectivos con el resto del sistema nervioso del animal formando un cordón nervioso ventral. Los ganglios de cada metámero están unidos a través de las comisuras y se comunican con los de los segmentos adyacentes mediante los conectivos. En el ganglio, los somas neuronales se sitúan en la periferia, mientras que las dendritas y los axones forman un neuropilo central.

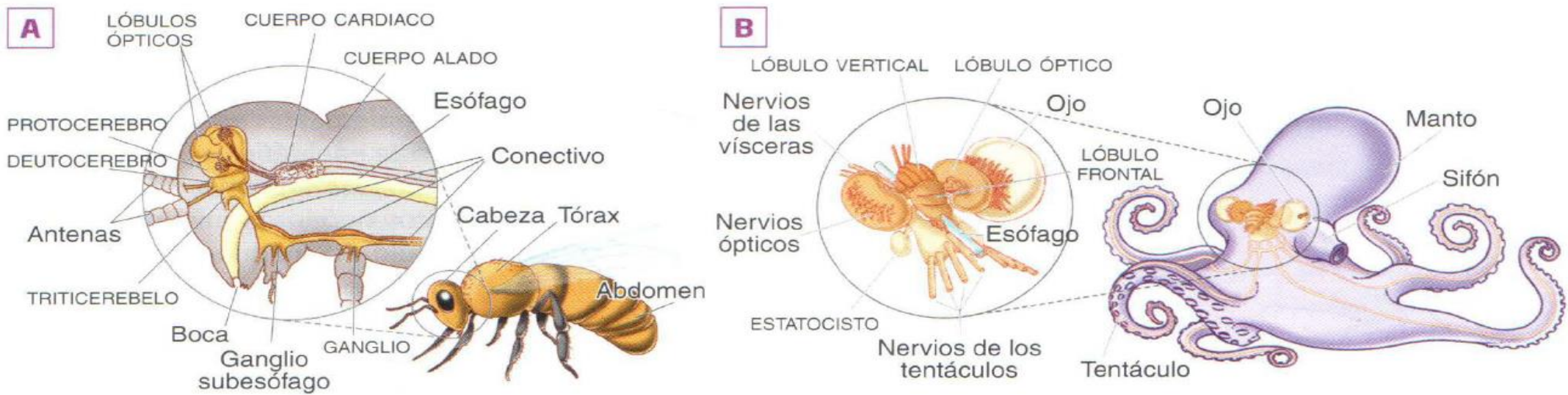


Figura 10.5

La organización ganglionar también es propia de artrópodos y moluscos, aunque en estos queda a veces enmascarada por las importantes fusiones ganglionares que presentan.

A) Los insectos son artrópodos que poseen un ganglio cefálico dispuesto dorsalmente, por encima de la boca, en el que se distinguen tres regiones: el protocerebro, relacionado con el procesamiento de la información visual procedente de los ojos compuestos y con el comportamiento social, en las especies que lo despliegan; el deutocerebro, que recibe y procesa estímulos de los quimiorreceptores, de los órganos del equilibrio y de los mecanorreceptores; y el tritocerebro, que inerva el tubo digestivo anterior. Este ganglio cefálico se conecta, a través de conectivos, con el resto de ganglios situados ventral mente, por debajo del tubo digestivo.

B) El sistema nervioso del pulpo está constituido por un conjunto de ganglios que se disponen en la cabeza, alrededor del esófago, formando también tres divisiones especializadas en diferentes tareas. Lateralmente se encuentran los lóbulos ópticos, centralmente se halla el lóbulo vertical y por debajo el lóbulo frontal inferior. El tamaño de los ganglios cerebrales hace de este cefalópodo el invertebrado con el mayor cerebro (unos 170 millones de células nerviosas), equivalente al de algunos peces y responsable de su variado repertorio conductual y de su gran capacidad de aprendizaje y memoria.

Los pelos situados sobre los cercos de la cucaracha son **mecanorreceptores** que están involucrados en los reflejos de escape y huida en los que participan también axones gigantes. Cuando, por ejemplo, una cucaracha va a ser pisada, el pie ejerce una presión sobre el aire circundante que el insecto detecta a través de la deformación mecánica que la presión del aire provoca en el pelo del cerco. Una neurona sensorial se excita por la distorsión y transmite la información rápidamente a la interneurona alojada en el ganglio terminal. Ésta, a través de su axón gigante, sinapta rápidamente con la neurona motora que controla los músculos de las patas y que está alojada en el ganglio metatorácico. Se cierra, de esta forma, el circuito reflejo que hace que la cucaracha huya velozmente evitando ser aplastada. (Adaptado de Camhi, 1981).

Salvo algunas especies de copépodos, el resto de invertebrados **carece de mielina**, por lo que en la mayoría de sus neuronas la velocidad de conducción del impulso nervioso es muy baja. Este problema lo han paliado en parte los invertebrados con axones de gran calibre, denominados por el lo **axones gigantes** con los que se consigue una conducción más rápida de los impulsos nerviosos (aunque sin resultado óptimo)

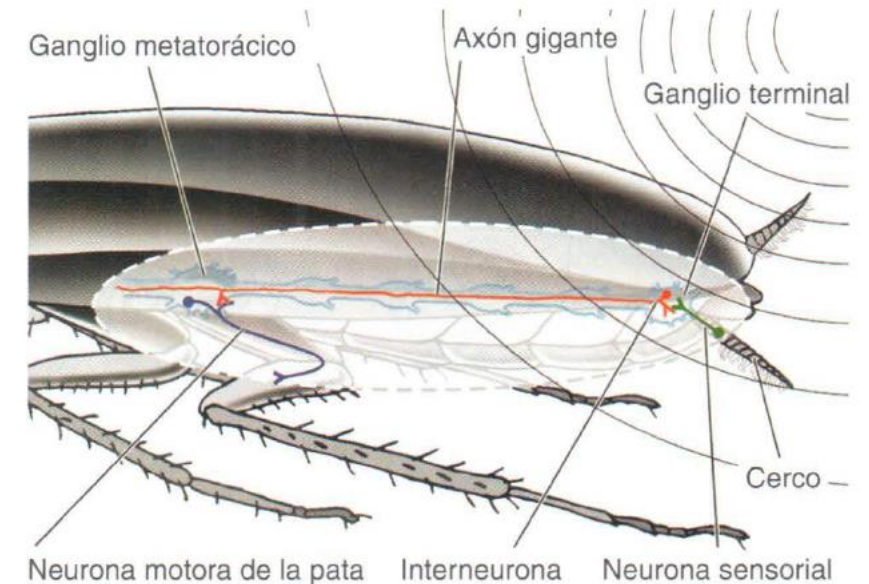


Figura 10.6

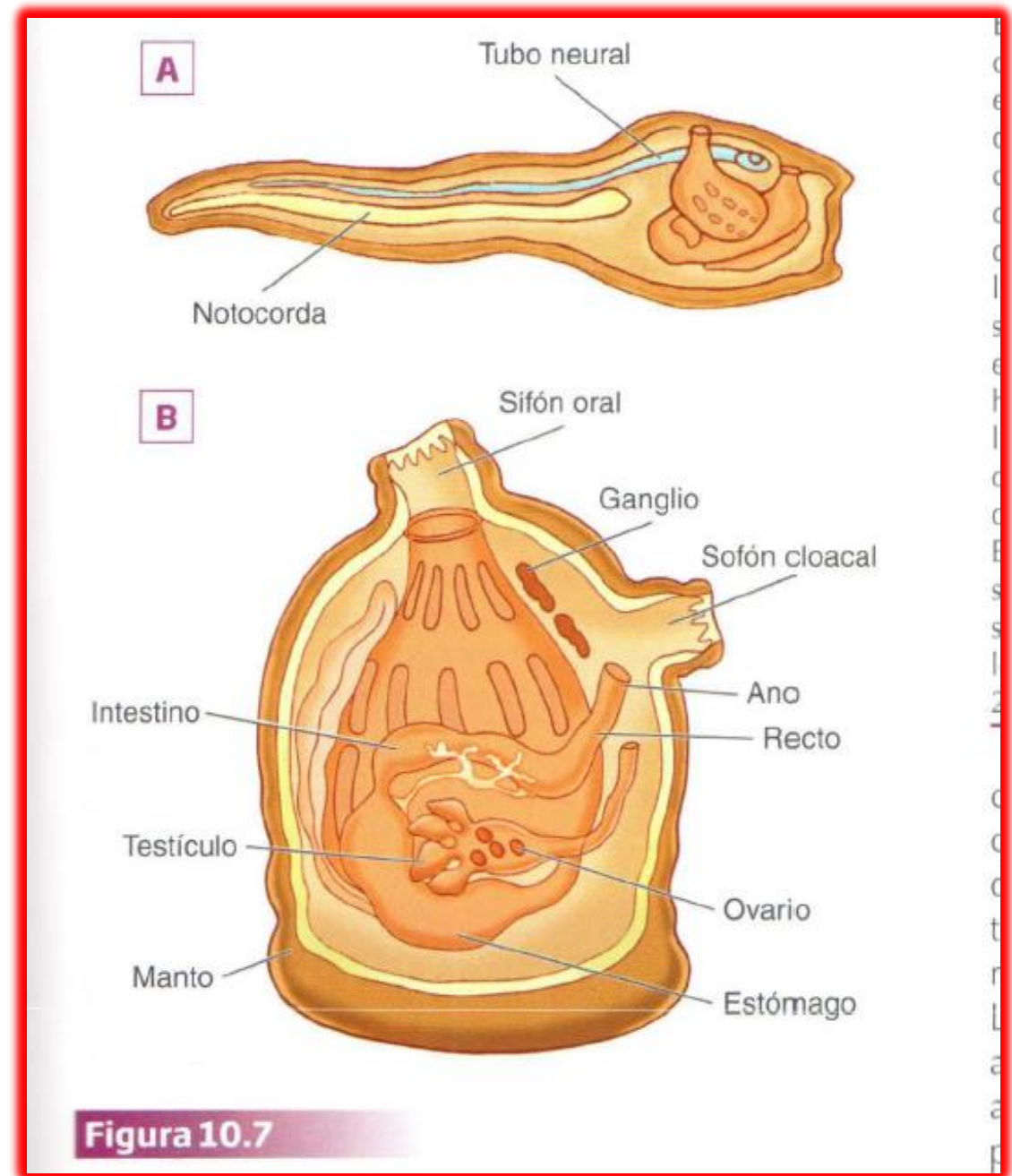
B) El Sistema Nervioso de los Vertebrados

En los **vertebrados** disponen de células especializadas que recubren los axones de sus neuronas con una **vaina de mielina**, lo que hace posible que el impulso nervioso pueda transmitirse a grandes distancias y a más velocidad (120-150 ms para un axón de 20 μm de diámetro), sin interferencias y a mucho menor coste energético que el que supone para la neurona el incremento del calibre axónico.

Pertenecen a *phylum* de los **cordados** y sus primeros representantes aparecieron hace 500 millones de años (Fig. 10.7).

Son los únicos invertebrados que presentan **notocorda** (encargada especialización neural).

El **SNP de vertebrados** tiene una **organización ganglionar** parecida al del sistema nervioso de invertebrados, aunque la organización interna de los ganglios autónomos y sus conexiones con el SNC le diferencian de aquél.



B) El Sistema Nervioso de los Vertebrados

El diseño más básico del sistema nervioso de vertebrados puede que fuese en su origen similar al del **anfioxo (Fig. 10.8)**, es decir, un tubo neural dorsal en el que habría una polarización **rostrocaudal** poco marcada y una **especialización funcional dorsoventral**, como la que existe en la médula espinal y el tronco del encéfalo de todos los vertebrados (sensorial la parte dorsal y motora la ventral).

La especie actual de vertebrado filogenéticamente más antigua es la lamprea (**Fig. 10.9**). Su origen se remonta a 470 millones de años atrás. En ella se mantienen la polarización **rostrocaudal** de invertebrados y aparece la especialización funcional dorsoventral, con el encéfalo en el extremo rostral subdividido en tres regiones: **el encéfalo anterior** (telencéfalo y diencéfalo), **el encéfalo medio** (mesencéfalo) y entre éste y la médula espinal, **el encéfalo posterior** (mielencéfalo y metencéfalo).

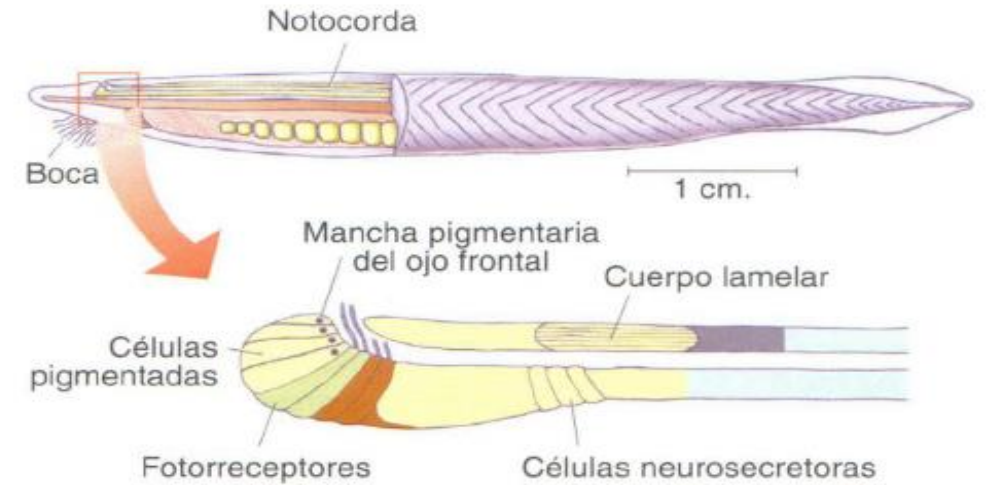


Figura 10.8

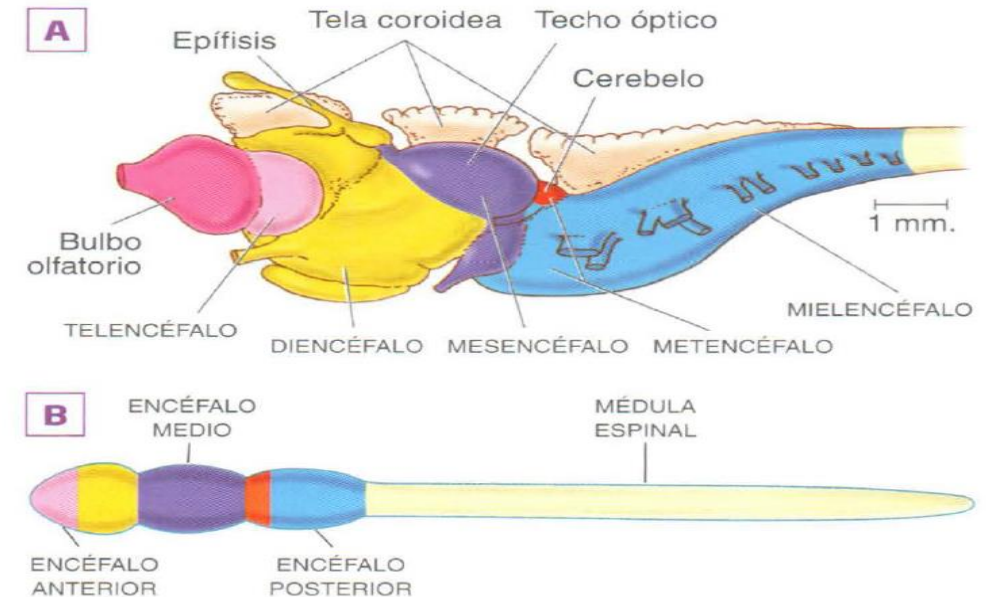


Figura 10.9

C/ EL COLÍCULO SUPERIOR

El colículo superior (techo óptico en vertebrados no mamíferos) recibe fibras directas de la retina y es el centro visual primario en todos los vertebrados menos en los mamíferos. **En peces y anfibios**, el techo óptico recoge, además de la información visual, fibras procedentes de otros sistemas sensoriales, convirtiendo a esta región en un importante centro de iniciación del comportamiento a través de los axones descendentes que le conectan con los centros motores de la médula espinal, involucrados en el reflejo de huida y la natación, y con los centros motores del tronco del encéfalo, que controlan el movimiento de las mandíbulas y los músculos oculares.

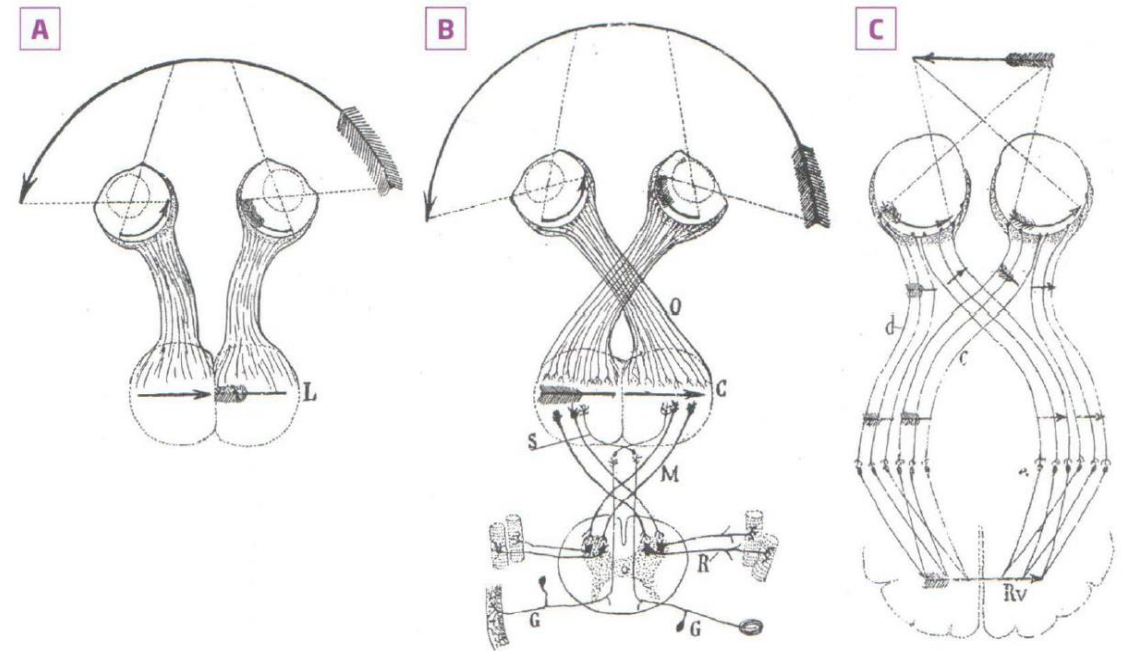
Decusación: Cruce de axones de un lado al otro de la línea media del SNC.

Colículos superiores:

Par superior de estructuras del techo del mesencéfalo que reciben información visual proveniente de la retina, y son centros de integración sensorial. Intervienen en el control de los movimientos de la cabeza, del cuello y de los ojos. En vertebrados no mamíferos al colículo superior se le denomina tectum o techo óptico.

EL COLÍCULO SUPERIOR

Ramón y Cajal, en su obra *Textura del Sistema Nervioso del Hombre y de los Vertebrados*, propuso una explicación al origen de estas decusaciones que sigue siendo aceptada por la comunidad científica. **Cajal planteó que la decusación de las fibras motoras era consecuencia del cruce que realizan las fibras del nervio óptico.** Las fibras procedentes de la retina decusan en el quiasma óptico para solventar la inversión de 180° que experimenta la imagen al atravesar el cristalino. Esta decusación del quiasma óptico está destinada a mantener una representación continua en el techo óptico y congruente con la imagen del campo visual, mientras que la decusación de los tractos motores es consecuencia de aquella y representa una adaptación destinada a aumentar la eficacia de las respuestas defensivas o de huida que dan los animales tetrápodos cuando se enfrentan a un peligro detectado visualmente (**Fig. 10.11**).



Cajal explicó el problema de la decusación de los tractos motores como una adaptación destinada a aumentar la eficacia de las respuestas defensivas o de huida que dan los animales tetrápodos cuando se enfrentan a un peligro detectado visualmente.

En los peces, toda la información recogida por cada ojo cruza por el quiasma óptico. Por ser animales nadadores, la primera reacción de huida del peligro implica la flexión de los músculos axiales contralaterales a la posición espacial por donde es percibido el peligro, por lo que las vías rículoespinales y vestibuloespinales que controlan estos músculos **no decusan en peces (Fig. 10.12)**. Sin embargo, en **los vertebrados tetrápodos, decusan** la respuesta de huida no es así. En ellos, este reflejo pone en juego a los músculos distales ipsilaterales al lugar en que se detecta el peligro **(Fig. 10.13)** dado que la información visual llega al hemisferio. La información visual llega al hemisferio contralateral, la respuesta motora será más rápida y, por tanto más eficaz, si se genera en el mismo hemisferio al que llega.

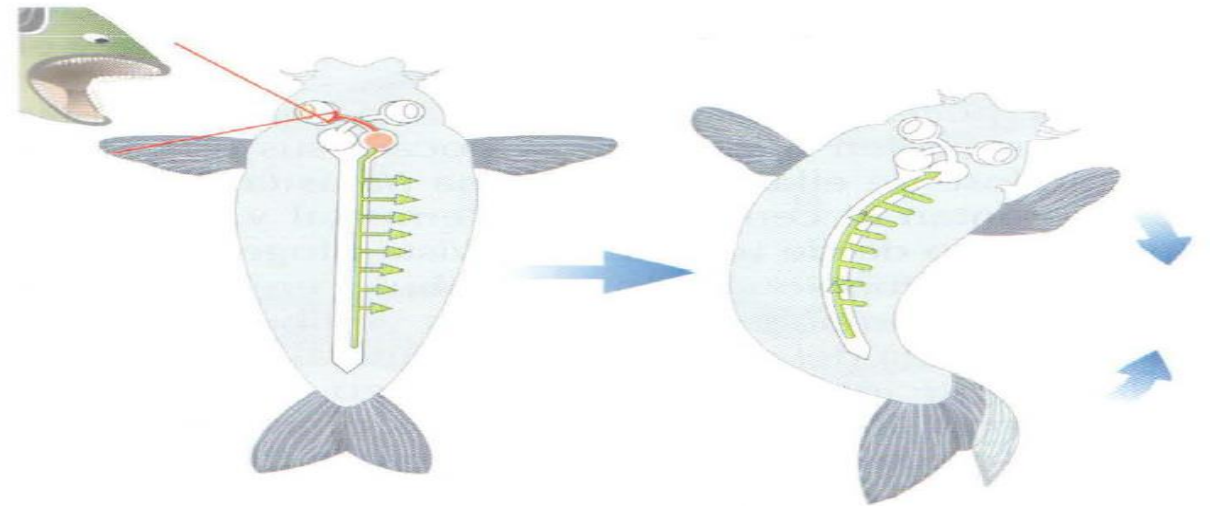


Figura 10.12

Esquema del reflejo de huida en peces.

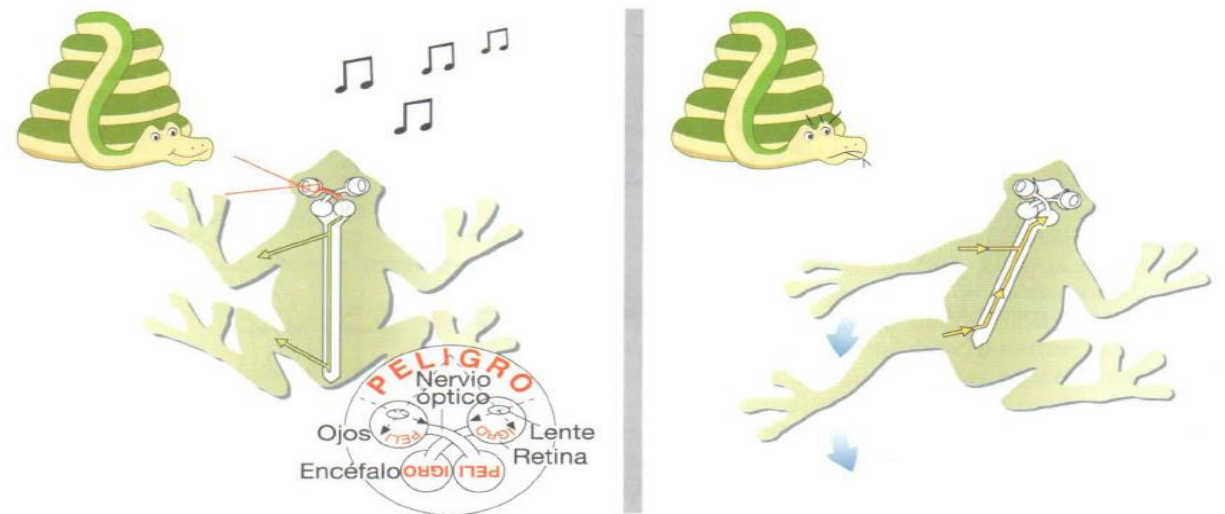


Figura 10.13

El Cerebelo.

- Divisiones filogenéticas del cerebelo:
- No hay una evolución lineal pues hay algunas estructuras que pueden desaparecer y otras reaparecer como en el caso de los mamíferos (mas avanzados en la escala filogenética).

ArCb: arquicerebelo (zona mas antigua)

PCb: paleocerebelo

NCb: neocerebelo (zona mas nueva)

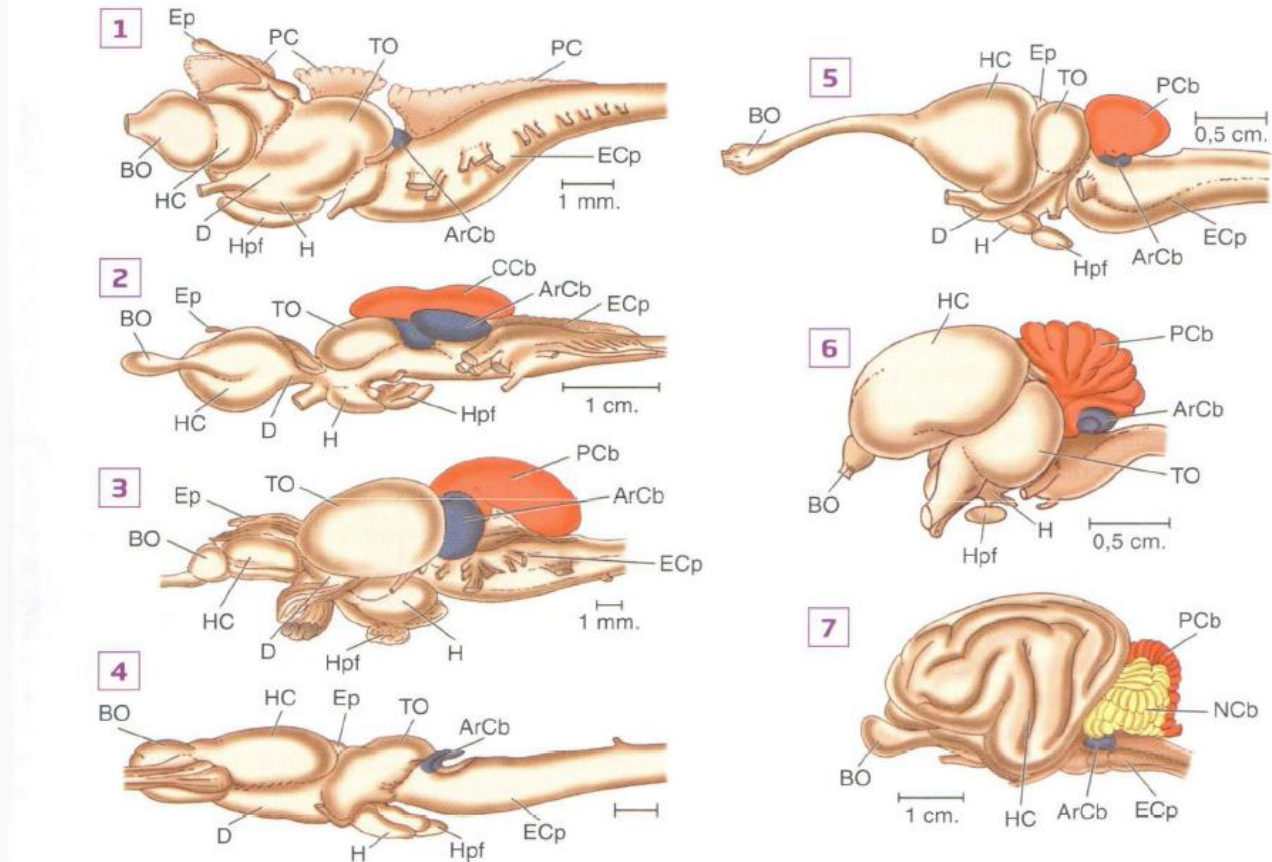


Figura 10.14

Visión lateral del encéfalo de siete especies que muestra las variaciones experimentadas en el tamaño del cerebelo.

1. lamprea (ciclóstomos), 2. Tiburón (condrictios), 3. Trucha (osteictios). 4. Salamandra (anfibio), 5. Caimán (reptil), 6. Paloma (ave) y 7. Gato (mamífero).

A. aurícula; ArCb: arquicerebelo; BO: bulbo olfatorio; CCb: cuerpo del cerebelo; D: diencéfalo; ECp: encéfalo posterior; Ep: epífisis; H: hipotálamo; HC: hemisferios cerebrales; Hp: hipófisis; PC: plexo corioideo; NCb: neocerebelo; TO: techo óptico.

Los Hemisferios Cerebrales.

- A lo largo de la filogenia hay zonas como la **amígdala** que no ha cambiado mucho a lo largo del tiempo, en cambio los **ganglios basales** han evolucionado mas por su implicación a nivel motor.
- la **Neocorteza** es la que mas ha evolucionado en **mamíferos**.

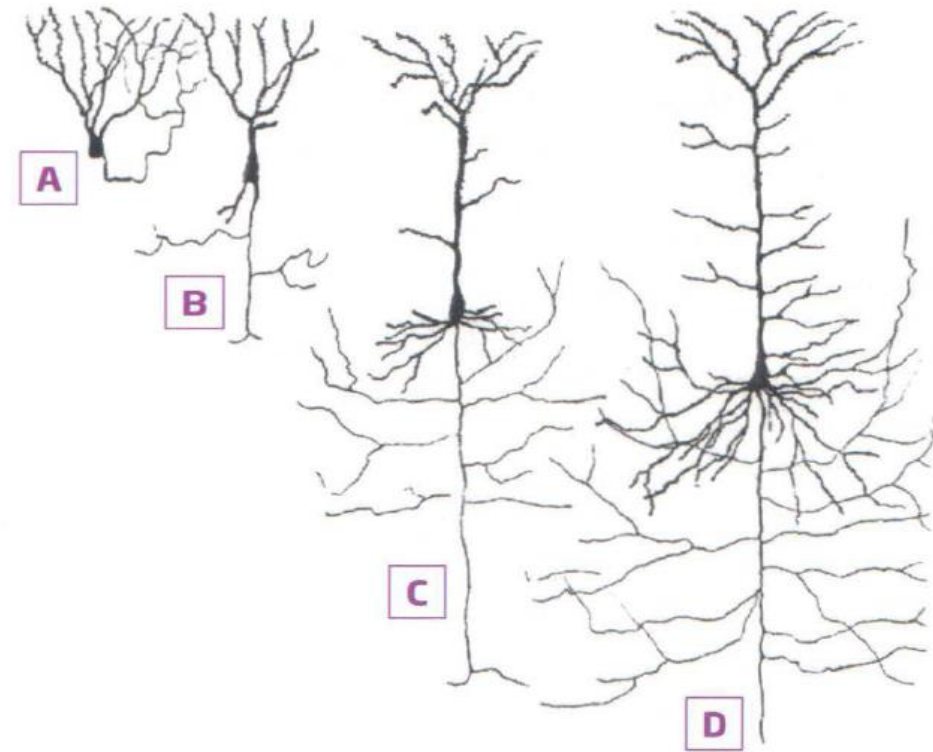


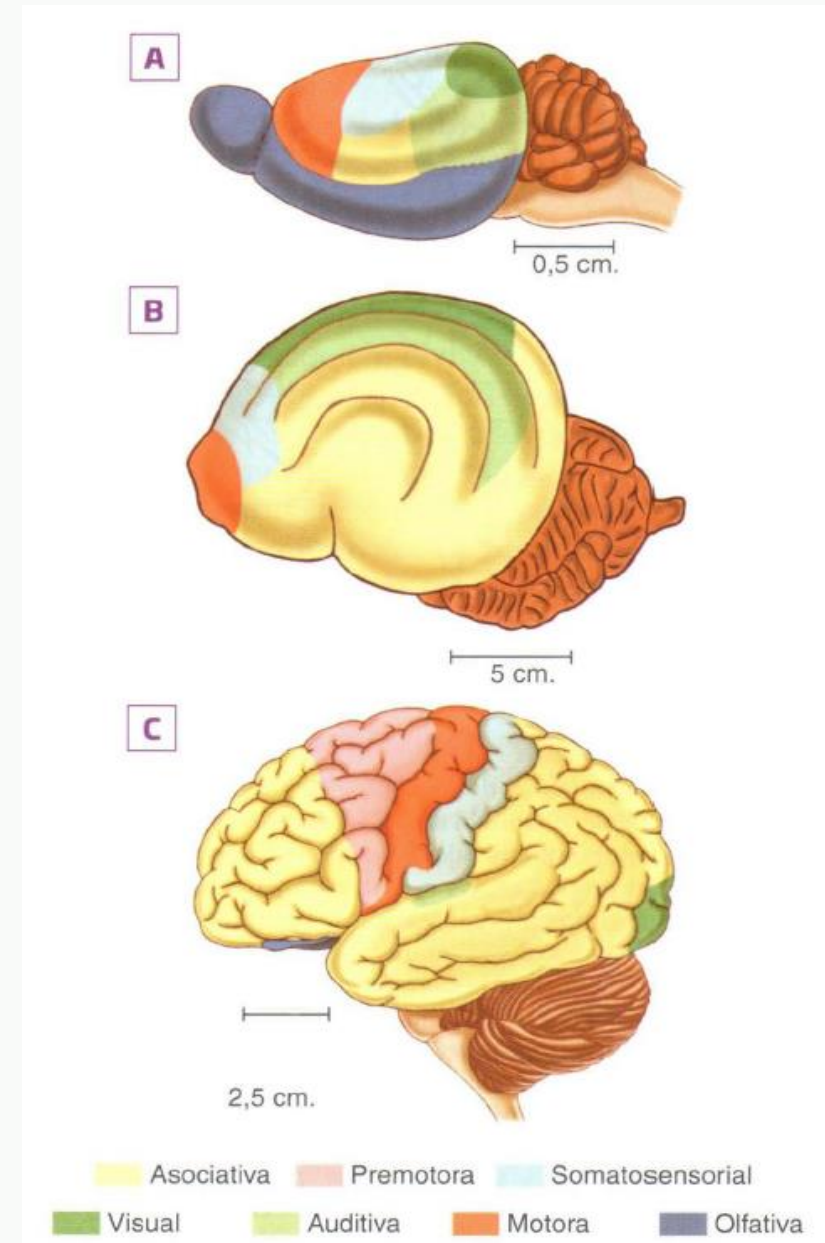
Figura 10.16

A. Célula periventricular de una rana; B. Célula piramidal de un reptil; C. Célula piramidal de un ratón; D. Célula piramidal humana.

Las células piramidales sólo aparecen en reptiles y mamíferos, únicos grupos en los que la corteza cerebral aparece como tal, con su típica organización laminar. En anfibios (A), las células periventriculares pueden ser consideradas las antecedentes filogenéticas de este tipo neuronal. (Tomado de Ramón y Cajal, 1899).

Los Hemisferios Cerebrales.

A lo largo de la filogenia de los mamíferos, el incremento del volumen encefálico ha venido marcado por el desarrollo de las áreas corticales de asociación. Estas regiones no están directamente relacionadas con el tamaño corporal y sí con el procesamiento de «alto nivel» de la información. Como vemos, los encéfalos de los humanos (C) y los delfines (B), muestran un gran desarrollo de éstas áreas en comparación con el de la rata (A).



3- FACTORES INVOLUCRADOS EN EL DESARROLLO DEL ENCÉFALO:

3-1: El Tamaño del Encéfalo.

Harry Jerison estableció, en 1973, como unidad de comparación el

Cociente de Encefalización

(CE), que es el cociente entre el peso medio del encéfalo de una especie determinada (P) y el que cabría esperar según su peso corporal (P.) ($CE = P/P.$).

Medida: Cuanto pesa el encéfalo en una especie en función de lo que cabría esperar, por el peso total global del cuerpo de la especie.

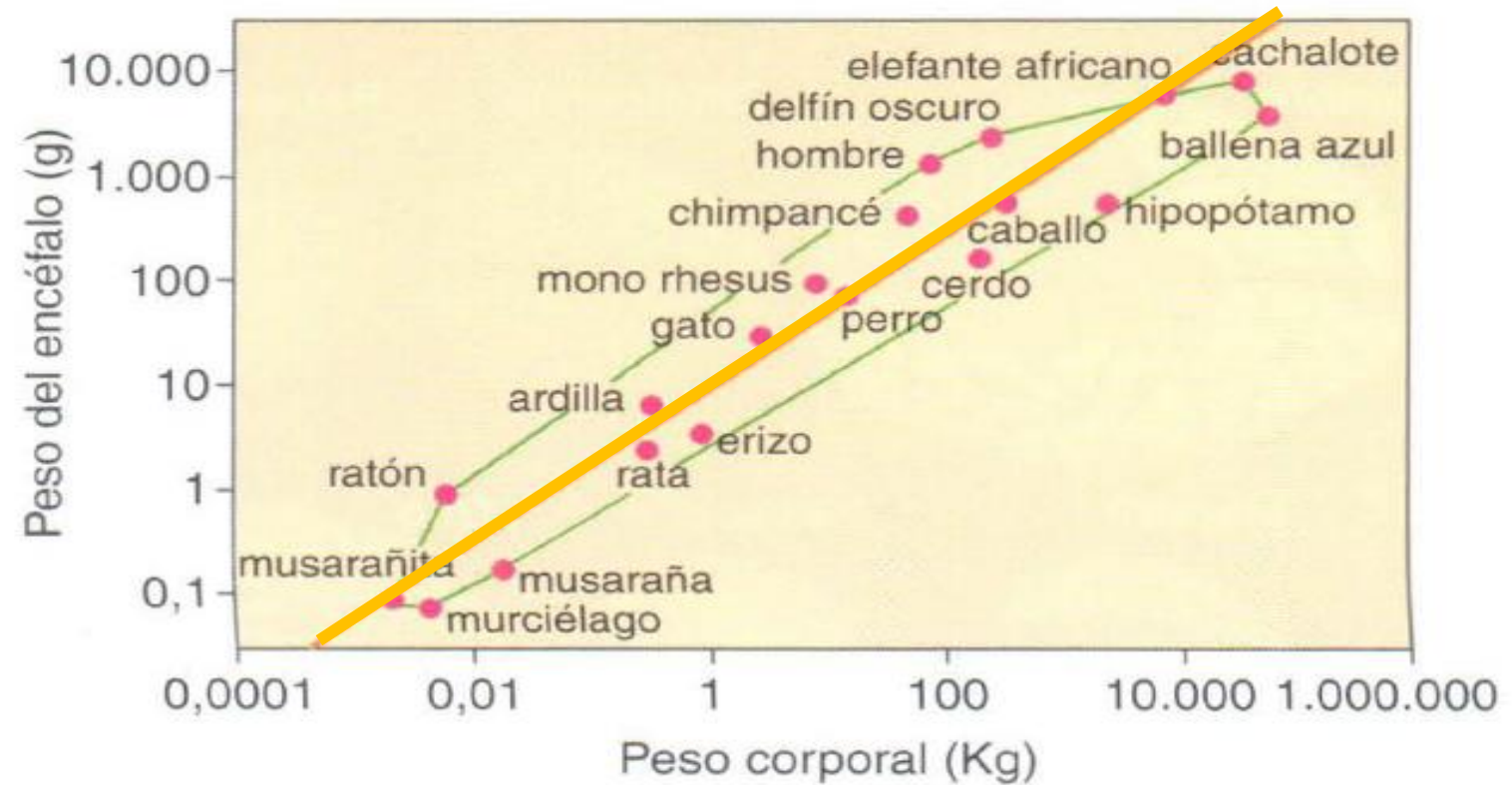


Figura 10.20

Línea naranja: relación perfecta entre peso encéfalo por peso corporal.
Lo que queda por encima de la línea naranja indica mayor peso encéfalo del esperado, (CE) mayor.
Lo que queda por debajo de la línea, menor peso encéfalo de lo esperado, (CE) menor.

3.2 Relación entre Diferentes Estrategias Evolutivas y el CE

Podemos observar animales totalmente autónomos (tortugas) desde su nacimiento hasta su vida adulta y otros que no (humanos, delfines , chimpancés...)

Existen 2 estrategias generales que engloban a todas las especies :muchos descendientes y pocos o nulos cuidados postnatales frente a pocos descendientes y muchos cuidados postnatales.

A la selección que favorece la inversión en muchos descendientes y pocos cuidados se le llama **selección r frente** a la opuesta que recibe el nombre de **selección k**.

3.3 Factores Fisiológicos Relacionados con el CE

Un logro adaptativo de amplia implantación desde su adquisición hace unos 200 millones de años, involucró directamente al hipotálamo que, a las funciones homeostáticas que ya realizaba, incorporó la **termorregulación**, proceso que permite mantener la temperatura corporal en un valor constante, idóneo para el correcto funcionamiento de la maquinaria metabólica del organismo e independiente, dentro de unos márgenes amplios, de las fluctuaciones ambientales. Ello hizo posible también la conquista de nuevos nichos ecológicos.

3.3 Factores Fisiológicos Relacionados con el CE

Como ocurre con los mamíferos, las aves que nacen poco desarrolladas y permanecen en el nido recibiendo cuidados parentales hasta que alcanzan su desarrollo presentan encéfalos 1,5-2 veces mayores que las nidífugas del mismo peso corporal. Por tanto, los requerimientos que imponen procesos fisiológicos básicos, como la **termorregulación**, abrieron nuevos frentes de presión selectiva que pudieron promover el desarrollo de funciones psicológicas superiores al servicio de esos procesos básicos.

La homeotermia se considera que pudo ser un factor crucial en el desarrollo del encéfalo de los vertebrados.

3.4 Factores Ecológicos Involucrados en el Aumento del CE

El aumento de la masa encefálica ha jugado un papel importante, ya que los datos disponibles ponen de manifiesto que las especies con CE grandes presentan un mayor grado de ocupación de nuevos nichos ecológicos que las de CE pequeños.

Esto es lógico, pues los grandes cerebros favorecen la diversificación y plasticidad conductual necesarias para dar respuesta a los retos ambientales:

- 1-La vida **arborícola** (vivir en los árboles, es mas compleja que vivir a pie de tierra).
- 2-La explotación que cualquier primate realiza de su nicho ecológico mejora con la experiencia acumulada a lo largo de la vida, por lo que la **longevidad** puede ser una variable involucrada directa o indirectamente con el incremento del encéfalo.
- 3-Los **hábitos alimenticios** o el cambio en ellos, como consecuencia de la colonización de nuevos territorios.
- 4-Las **interacciones ecológicas entre distintas especies** también han supuesto una presión selectiva importante en relación con el desarrollo del encéfalo y los sistemas sensoriales (el oído).

3.5 Factores Etológicos Involucrados en el Aumento del CE

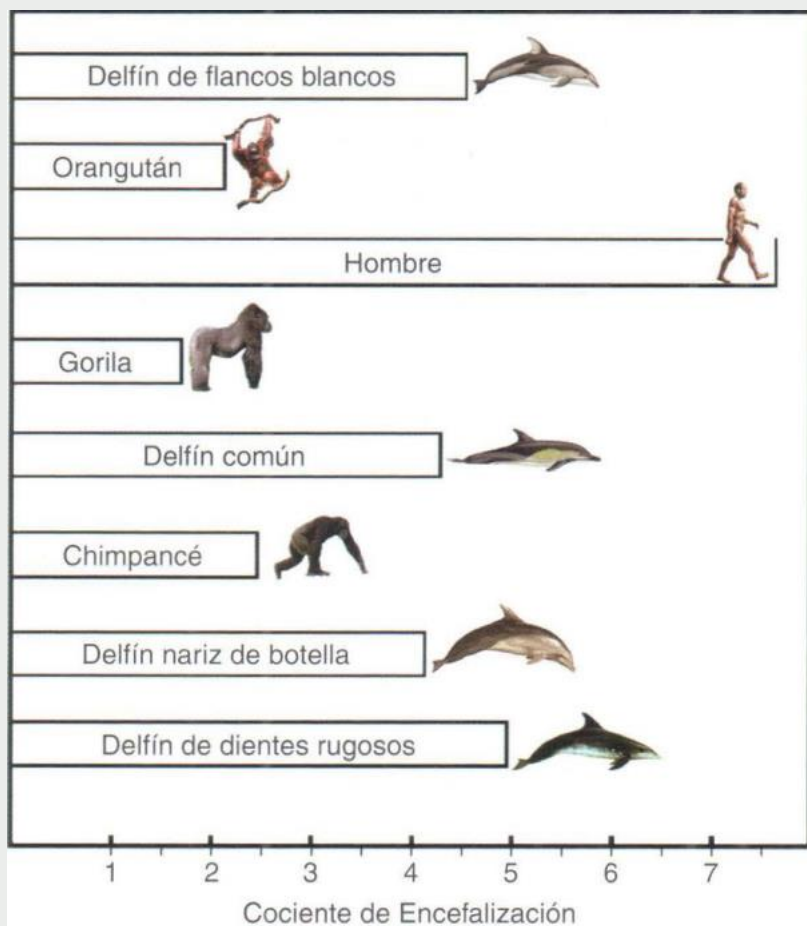


Figura 10.27

La mayoría de las especies de primates establecen complejas **interacciones sociales**.

Una forma de evaluar el componente social es a través del **tamaño del grupo** (miden neocorteza primates) en el que habitualmente vive una determinada especie.

En las especies sociales, el grado de desarrollo de estas habilidades está asociado a la aptitud inclusiva y el **juego** es un elemento muy importante para favorecerlas, así como para estimular el desarrollo y puesta a punto de la circuitería del encéfalo que permitirá en el futuro localizar, identificar y acceder a nuevos recursos.

Nuestra especie es de las pocas que juega en la vida adulta.

De la organización social y las interacciones que se establecen entre los miembros de un grupo, pueden ser la explicación del gran desarrollo de sus encéfalos que, por otro lado, los aproxima bastante al del hombre, siendo las especies con más altos índices de encefalización después del hombre (el delfín de dientes rugosos, *Steno bredanensis*, tiene un cociente de encefalización de 4,95) (Fig. 10.27).

4-El encéfalo de los homínidos

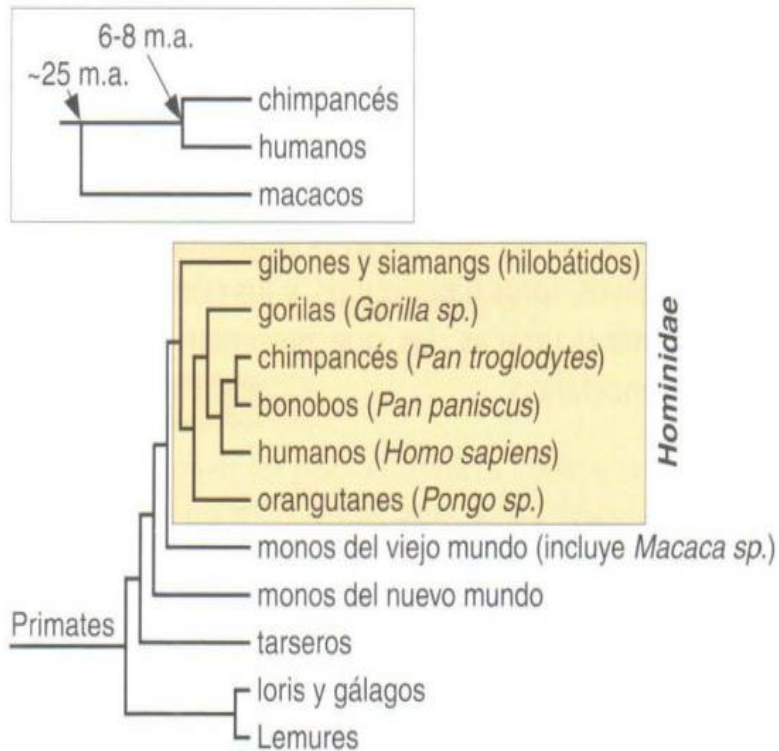


Figura 10.28

Cladograma de la filogenia de los primates. Los macacos divergieron de la línea que conduce a chimpancés y humanos hace 25 millones de años (m.a.) y los chimpancés y los humanos divergieron hace 6-8 m.a. (Modificado de Preuss, T.M., 2013).

Los humanos somos primates, catirinos, homínidos (familia primates con capacidad de caminar a dos pies, *bípedo*), taxón que compartimos con los llamados simios antropomorfos (gibones, orangutanes, gorilas chimpancés y bonobos o chimpancés pigmeos).

La especie **Australopithecus afarensis** es la más antigua (entre 2, 9 y 2,4 mil ones de años) de la que se han encontrado restos fósiles, calculándose que poseía un encéfalo ligeramente mayor que el del chimpancé. Los individuos de esta especie presentaban un acusado **dimorfismo sexual** (la talla de los machos superaba en un 60% a la de las hembras).

Dimorfismo sexual (Definición): Cualquier diferencia fenotípica entre machos y hembras de la misma especie.

La primera especie de nuestro género (Homo) apareció hace 1, 9-1,6 millones de años.

El **Homo sapiens** es marcadamente diferente a otros mamíferos en varios aspectos biológicos, la diferencia más notable está en nuestro **cerebro**, que es significativamente más grande, más complejo, con el CE más alto de todos los mamíferos.

4-El encéfalo de los homínidos.

¿Qué circunstancias hicieron posible el desarrollo de nuestra especie?

A) El uso de herramientas: Capacidad del ser humano para construirlas , paliar sus carencias anatómicas y anticipar en el medio ambiente. Creación de la alimentación y las dietas y modificar su sistema digestivo.

B) Cambios en la reproducción: Anticipación de la madurez sexual, y el acortamiento entre un parto y otro. Incremento en las interacciones sociales., derivada de la monogamia y de las familias extensas.

C) Cambios en la ontogenia:

Neotenia transcripcional, propició:

1) el mantenimiento de una configuración craneana juvenil durante más tiempo, permitiendo el desarrollo postnatal del encéfalo ;

2) periodos más largos de proliferación celular, que llevaron paulatinamente a un mayor desarrollo de la neocorteza y

3) el mantenimiento más prolongado en el tiempo de la capacidad que tiene el sistema nervioso para modificar su funcionamiento y morfología ante los cambios ambientales, es decir, la plasticidad neuronal necesaria para dar versatilidad al comportamiento mediante la creación y reestructuración de nuevas sinapsis.

D) Interacción social: El lenguaje atributo humano. Junto con la inteligencia han permitido la *cultura (vinculo inductor para transmitir, por genes, el saber adquirido de una generación a otra)*.

E) La especie humana: Los seres humanos somos el fruto más elaborado y refinad. Nuestra historia filogenética y la singular carga genética que porta cada persona nos condiciona. Pero la ontogenia modula esa carga y los humanos contamos con una herramienta poderosa para ello: la *educación*, otra forma de cooperación y el vehículo mediante el cual recibimos y transmitimos la cultura de generación en generación, la que nos permite servirnos de la experiencia o de la evolución del sistema nervioso.