

# LA EVOLUCIÓN DEL CEREBRO DESDE LOS MAMÍFEROS TEMPRANOS HASTA LOS HUMANOS

Presentado por: M. Martín Rovira<sup>1</sup>, T. Peña Tamayo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Carrera en Biotecnología y Farmacia. Universidad Francisco de Vitoria, Madrid.

Autor: J. H. Kaas.

Centro de trabajo: Departamento de Psicología, Universidad de Vanderbilt, Nashville, TN, EEUU.



## Introducción

Gracias a las ciencias biológicas, se conoce que los humanos han evolucionado de una larga línea de antecesores, cada cual más diferente a medida que se retrocede en el tiempo. ¿Es posible reconstruir el curso actual de la evolución humana? ¿Cómo? Gracias a estudios detallados de cerebros de mamíferos actuales y de otros vertebrados animales. Se realiza este estudio con la premisa inicial de que aquellas características presentes en varios miembros actuales de una radiación filogenética explican que exista un antepasado común con una especie de retención de dicha característica. A continuación, se explican los grandes pasos de la evolución del cerebro humano.

## Objetivos

El fin de las siguientes investigaciones es realizar un seguimiento de la evolución del cerebro desde los primeros mamíferos hasta el ser humano actual. Además, al conocer dicho desarrollo se han podido realizar agrupaciones de mamíferos en función de ciertas morfologías y funciones del neocórtex.

## Resultados

### Cerebros de mamíferos tempranos

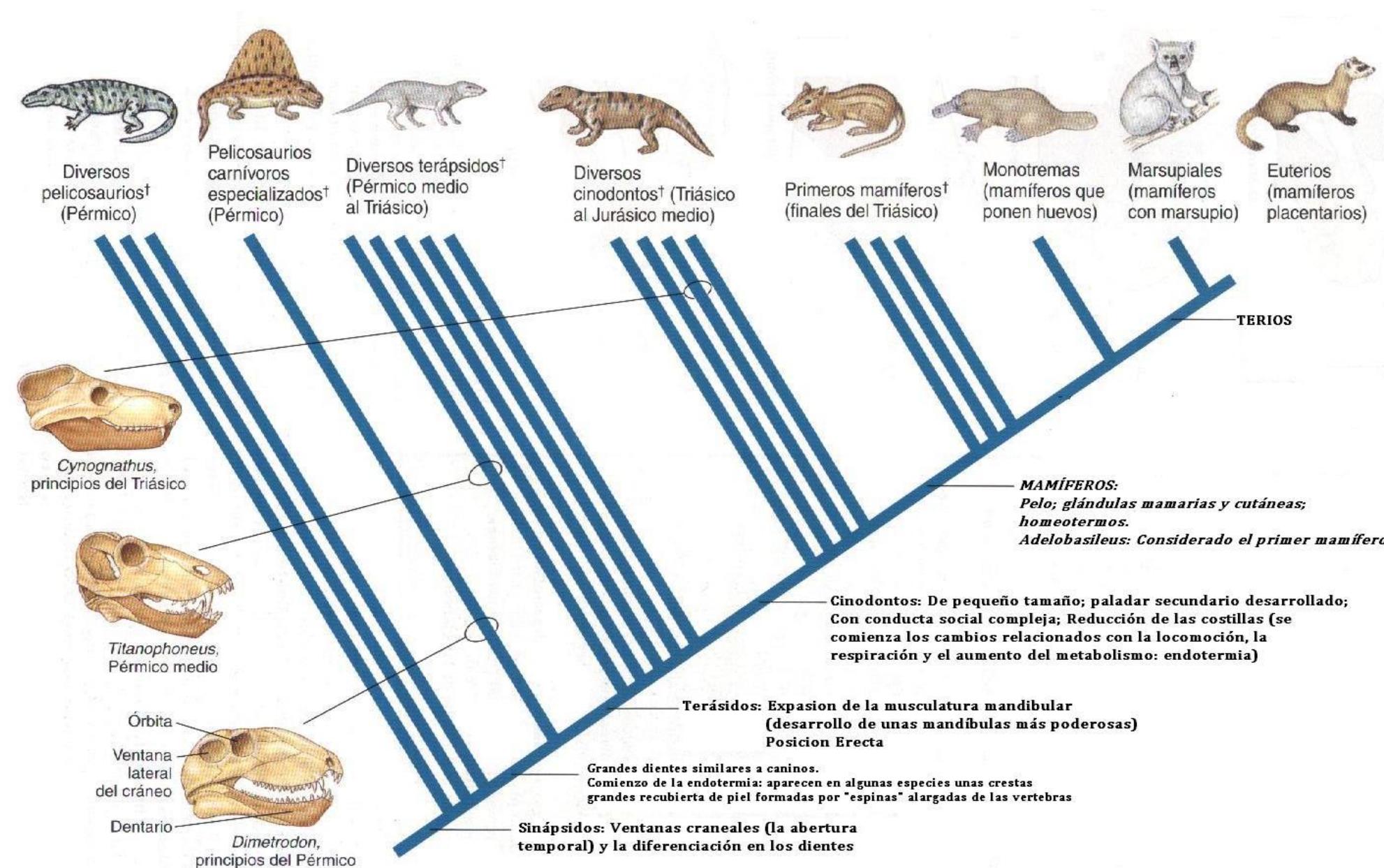
El foco de investigación en este caso se encuentra en el neocórtex del cerebro, ya que es la zona donde se regula la experiencia consciente. Reptiles, pájaros y mamíferos todos cuentan con un córtex externo, que incluye las regiones lateral, dorsal y medial, las cuales varían en función del animal.

- reptiles: capa única de neuronas piramidales, con córtex lateral olfatorio, córtex dorsal donde se recibe información visual y somatosensorial, proyectada al córtex medial.

- mamíferos: córtex piriforme e hipocampo cuentan con un mayor número de neuronas, a pesar de la misma forma de esas partes del córtex que los reptiles.

Lo más destacable de las diferencias entre reptiles y mamíferos es que las señales sensoriales del tálamo ya no tienen como diana principal las dendritas de las neuronas piramidales, sino que lo son las neuronas talámicas de la cuarta capa del córtex las que distribuyen la información a neuronas más superficiales, en la tercera capa. Esta innovación permite realizar cálculos muy complejos.

A pesar de esto, de momento no se tiene claro cómo el neocórtex ha emergido en la evolución. Sin embargo, hay estudios que explican la importancia de los cambios filogenéticos en la generación y migración de las neuronas para su formación. Es interesante puntuar que la zona del neocórtex en mamíferos es mayor que la retenida en reptiles. Gracias a cráneos de mamíferos tempranos, se sabe que contaban con un neocórtex mínimo. Ahora sin embargo, ciertos mamíferos tienen grandes cantidades de neocórtex porque son capaces de asumir los costes metabólicos que ello implica. Sin embargo, son los mamíferos con cerebros pequeños, al igual que el neocórtex, para estudiar los de los mamíferos tempranos.



Estos mamíferos primarios evolucionaron de los sinápticos hace 200 millones de años, diferenciándose de ellos en una mejor visión y olfato, y oído menos intenso, entre otras cosas. Hace 150 millones de años, emerge una rama de marsupiales con cortos períodos uterinos seguidos de largos períodos postuterinos, pasando a ser mamíferos placentarios. Estos mamíferos placentarios emergen hace 125 millones de años, sin embargo siguen contando con cerebros pequeños, al igual que el neocórtex. Dentro de los mamíferos placentarios se encuentran algunos animales conocidos, como la ballena o el armadillo, y cada uno de ellos ha desarrollado un sistema nervioso especializado y característico. Además, pueden identificarse los cerebros de ciertas ramas principales por una determinada estructura, como la de los carnívoros.

Gracias a estudios comparativos se ha llegado a saber que los mamíferos tempranos contaban con unas 15 áreas corticales, cada una especializada para una función diferente. Con el tiempo se descubrió que la organización interna de las mismas se ha ido manteniendo gracias a la expresión génica que crea gradientes moleculares que estructuran estas áreas primarias sensoriales para todos los mamíferos. Sin embargo, se conoce que no había corteza motora o premotora, ya que las funciones motoras se encontraban en la corteza primaria somatosensorial. Ambas surgen con la evolución de mamíferos placentarios, al igual que lo hizo el cuerpo calloso.

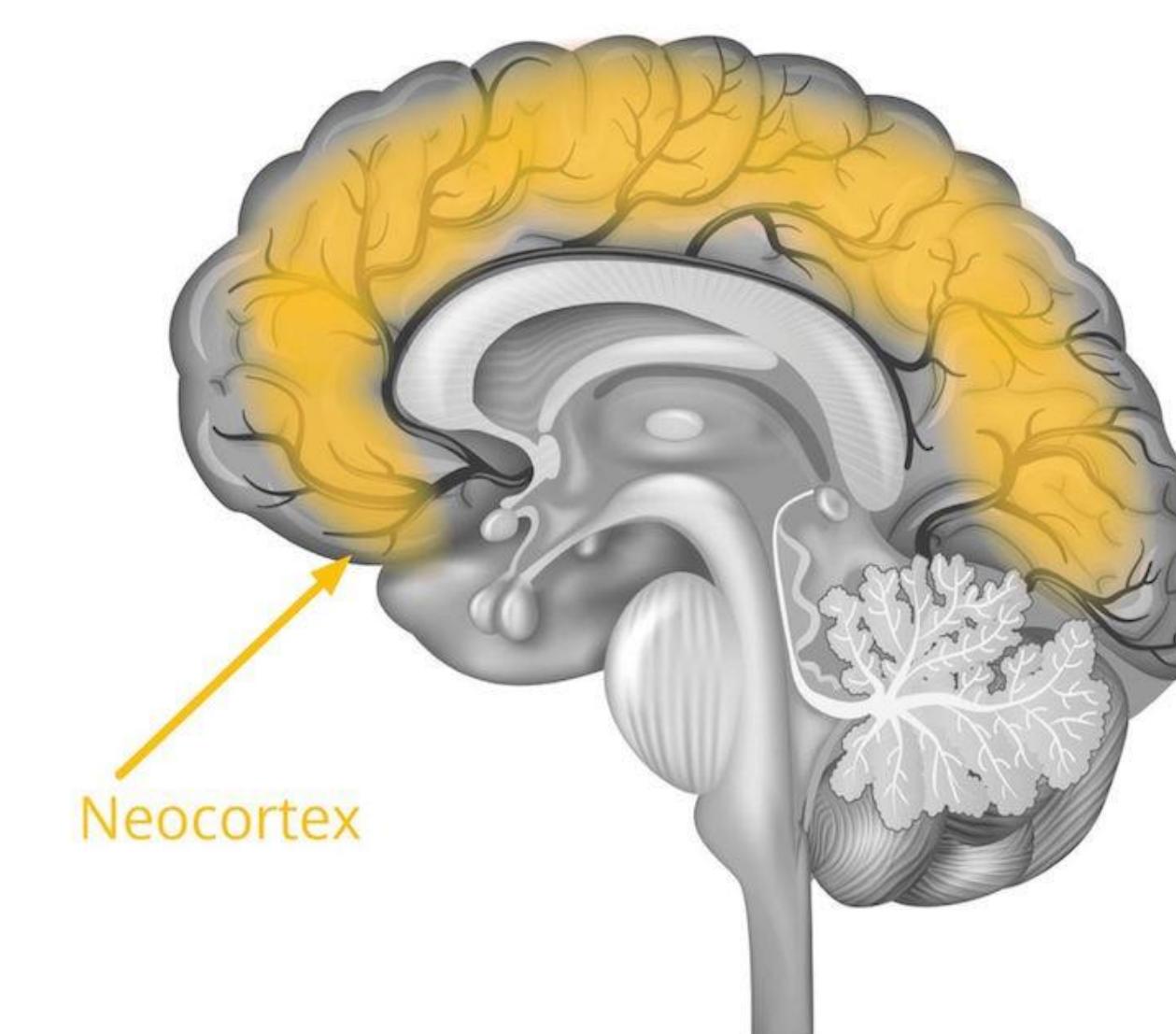
### El cerebro y neocórtex de primates tempranos

Los primates proporcionan muchas oportunidades para estudios comparativos, pues este orden consiste de 14 familias y más de 350 especies. Estos se han adaptado a numerosos ambientes, y con ello han ido variando su tamaño a lo largo del tiempo.

El tamaño del cerebro de los primates abarca un gran rango, lo que permite a los investigadores tratar la relación existente entre el tamaño cerebral y el número de neuronas y otras variables. Los primates estrechamente relacionados con los mamíferos tempranos son considerados de especial valor para aquellos interesados en estudiar la evolución de primates, pues su esqueleto mantiene similitudes significativas con los mamíferos tempranos, al igual que el tamaño cerebral y sus proporciones. Se han analizado características que diferencian a los primates del resto de órdenes:

Se ha observado que se pueden apreciar diferencias en los cuerpos geniculados laterales dorsales del tálamo visual, los cuales tienen un patrón laminar de capas parvocelulares y magnocelulares; otra característica diferencial es la facilidad para identificar la presencia de dos núcleos somatosensitivos (ventroposterior superior e inferior). Por otro lado, se han identificado una serie de áreas corticales del neocórtex como únicas o únicamente bien definidas en mamíferos: El córtex visual primero tiene módulos de procesamiento separados, que se encargan del color y de la estimulación de la orientación.

Sin embargo, los patrones de laminado varían en peculiaridades y en estructura anatómica, y en genes que tienen una elevada expresión en la capa 4 del córtex visual primario. Así, estos niveles de expresión son mayores en primates cercanos evolutivamente a los humanos.



La segunda área visual tiene bandas de córtex modulares con diferentes entradas y salidas. La tercera, V3, está muy bien definida; el área visual temporal medial, otras áreas visuales asociadas y el área visual dorso medial contribuyen en la conducta motora guiada por la vista. El córtex auditivo tiene también dos áreas (primaria y secundaria) únicamente de este orden. En el córtex motor muestra exclusivo el área premotora central, incluyendo también el córtex prefrontal subdivisiones granulares grandes que no existen en otros. El área posterior parietal del córtex está relacionada con selección, planificación y guía de los patrones de movimiento.

El cerebro de los primates también es único en el tamaño promedio y la densidad de compactación de las neuronas; no va a ser relevante el tamaño del animal, pues estas dos características se mantienen iguales o incluso aumentan (al contrario que en el resto de órdenes). Esto podría explicar las grandes habilidades cognitivas con las que cuentan los primates, pues muchos de estos resultados dependen del nivel de densidad neuronal que se mantiene a medida que el neocórtex aumenta en tamaño. Además, este empaquetamiento es especialmente alto en el córtex sensitivo primario únicamente en primates.

El neocórtex de primates es característico por estar más subdividido en distintas áreas funcionales, lo que permite mayor especialización en algunas áreas, lo que conlleva consecuencias morfológicas. Así, determinadas áreas están destinadas a almacenar y analizar información, y otras en funciones integrativas.

## Conclusiones

Se han determinado tres características principales que caracterizan los cerebros humanos y los diferencian de los de los monos y simios tempranos:

1. El tamaño del cerebro ha aumentado notablemente incidiendo en la cantidad de neocórtex.
2. Algunas partes del neocórtex han aumentado notablemente respecto a otras, concretamente el área prefrontal, insular, parietal posterior y temporal; estas regiones concretas son las que siguen creciendo notablemente a medida que va ocurriendo la maduración durante el desarrollo humano postnatal.
3. El número de áreas corticales han aumentado con la evolución de los cerebros humanos.

Atendiendo a la evolución humana, es cierto que los homínidos tempranos contaban con cerebros del tamaño de los grandes simios existentes en la actualidad; sin embargo, existen diferencias en modificaciones esqueléticas, que indicaban su bipedación, al igual que una mejora visual además de otras adaptaciones. Hace 2 millones de años, los cerebros de nuestros antepasados doblaron su tamaño, alcanzando el del cerebro de un humano actual, unos 1500 cm<sup>3</sup>. Como se ha mencionado previamente, este aumento de tamaño implica un gran coste metabólico, causa de que el hombre busque alimentos "de alto grado". Esto hace además que el cerebro de un niño limite sus actividades motoras y cognitivas, y por ello ahora los niños dependen durante más tiempo de sus padres.

Se conoce poco acerca de la organización del cerebro de los simios existentes, al contrario que la de los humanos, ya que hay diversos métodos de estudio del mismo. Sin embargo, se han intentado adaptar técnicas de imagen cerebral a chimpancés anestesiados, aunque las comparativas con humanos se han realizado con macacos Old World. Gracias a otras técnicas se sabe que las áreas motora y sensorial primaria tienen el mismo tamaño en chimpancés y en humanos, a pesar de que la especie humana cuente con un cerebro de un tamaño tres veces mayor.

Se encuentran además otras analogías en ambos hemisferios cerebrales en cuanto a las áreas del lenguaje en humanos y chimpancés. A pesar de esto, las rutas de las áreas temporales a las frontales en humanos que controlan el lenguaje cuentan con una organización diferente. Las especializaciones hemisféricas reducen la necesidad de una gran cantidad de neuronas gruesas de rápida conducción entre ellos, lo cual es beneficioso porque del contrario tendría un alto coste metabólico. En chimpancés y monos se ha visto que ha habido un considerable engrosamiento en las neuronas que conectan los dos hemisferios, pero no en humanos, lo que da a entender de nuevo que los humanos cuentan con especializaciones diferentes en los diferentes hemisferios.

En humanos se ha observado un superdesarrollo de la parte frontal del córtex, de forma desproporcionada. Lo mismo sucede con el córtex prefrontal, pero en este caso es un crecimiento proporcional, controlando funciones cognitivas de alto nivel.

Algo que cabe destacar en el desarrollo del cerebro humano es la parte izquierda del lóbulo frontal, en concreto el área de Broca, especializada en la producción de lenguaje. En general, las áreas más desarrolladas y diferentes respecto a otros simios son aquellas relacionadas con comportamientos y pensamientos complejos y propios del ser humano. Más importante que el tamaño del cerebro puede ser el número de áreas corticales. Se ha descubierto que el cerebro humano cuenta con más áreas corticales que el de otros primates.

En conclusión, no todas las áreas del cerebro aumentaron, sino que muchas fueron añadidas, aportando nuevas funciones y muchos niveles de análisis.