

EVOLUCION FILOGENETICA DEL CEREBRO Y LAS FUNCIONES COGNITIVAS EN EL SER HUMANO

Gregorio Aguilera Antúnez

El desarrollo filogenético del cerebro humano es un proceso complejo que ha involucrado el aumento del tamaño y la complejidad de las estructuras cerebrales, el desarrollo de redes neuronales especializadas, y la adaptación a factores ambientales y sociales. Este proceso ha permitido que los humanos desarrollen funciones cognitivas avanzadas que son fundamentales para la comunicación, la cultura y la resolución de problemas.

Las características del cerebro humano es producto de la evolución de las diferentes especies que la han precedido a lo largo del tiempo, proceso en el cual el cerebro ha experimentado un aumento en su tamaño y complejidad. Cabe destacar que el crecimiento, está asociado con la aparición de nuevas estructuras, fundamentalmente la corteza cerebral, estructura que es fundamental para la emergencia de las funciones cognitivas superiores.

Recordemos que los "Homínidos" se refieren a los primates antepasados del homo sapiens, que se caracterizan por bipedismo, que surgieron hace unos 6 millones de años atrás. En los fósiles de los homínidos, se ha observado un notable desarrollo de estructuras cerebrales y de áreas cerebrales, relacionadas con funciones cognitivas que pasamos a detallar a continuación.

Entre las principales diferencias entre el cerebro humano y el de otras especies podemos mencionar, el mayor tamaño relativo en comparación con el cuerpo de cualquier otra especie, lo que permite una mayor capacidad cognitiva. (M.A. Rosales-Reynoso, 2018). Por otro lado, su complejidad estructural, que aunque el cerebro humano presenta una estructura típicamente primate, tiene características específicas que lo distinguen, como una mayor cantidad de neuronas y una organización más compleja de las conexiones neuronales, lo que tiene por consecuencia que los procesos intelectuales y la inteligencia humana son significativamente superiores a los de otros organismos, lo que se traduce en habilidades como el lenguaje, la planificación y la resolución de problemas.

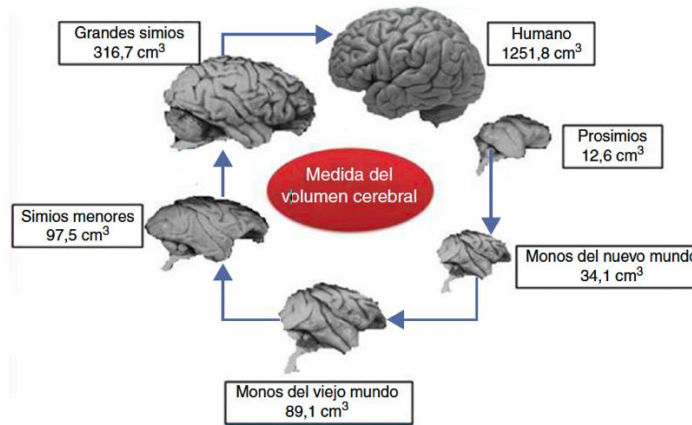
La evolución del cerebro humano no solo se ha caracterizado por un aumento en el tamaño, sino también por una reorganización estructural de tejidos y circuitos en regiones específicas, lo que contribuye a nuestras capacidades cognitivas únicas, existiendo además diferencias cromosómicas y genómicas entre humanos y grandes simios que han influido en la evolución y humanización del cerebro

Incremento del tamaño del cerebro

El incremento del tamaño del cerebro en los homínidos es un aspecto crucial en la evolución humana y se ha caracterizado por varios hitos importantes. Los primeros homínidos, como Australopithecus, tenían un volumen cerebral que oscilaba entre 350 y 450 cm³, similar al de los grandes simios actuales. Este tamaño relativamente pequeño limitaba sus capacidades cognitivas en comparación con los humanos modernos. A lo largo de la evolución, especialmente con el surgimiento de géneros como "Homo habilis" y "Homo erectus", se observó un aumento gradual en el tamaño del cerebro. Por ejemplo, "Homo habilis" tenía un volumen cerebral de aproximadamente 510 a 600 cm³, mientras que "Homo erectus" alcanzó un tamaño de entre 600 y 1,100 cm³. Hace aproximadamente 2 millones de años, el volumen cerebral comenzó a duplicarse. Este aumento continuó, y hace unos 500,000 años, el volumen cerebral de Homo sapiens alcanzó aproximadamente 1,350 cm³, lo que representa un incremento notable en comparación con sus antepasados.

El aumento del tamaño del cerebro se ha relacionado con la bipedación, que se inició hace aproximadamente 6-7 millones de años. La capacidad de caminar erguidos permitió a los homínidos liberar las manos para la fabricación de herramientas, lo que a su vez pudo haber impulsado el desarrollo cognitivo y el aumento del tamaño cerebral. Este incremento en el tamaño del cerebro ha estado asociado con el desarrollo de funciones cognitivas más complejas, como el uso del lenguaje, la planificación, la resolución de problemas y la creación de herramientas. Estas capacidades han sido fundamentales para la supervivencia y el desarrollo cultural de los humanos. El incremento del manto cortical permitió al cerebro homínido aumentar su capacidad para el almacenamiento y procesamiento de información semántica, lo que es fundamental para las funciones cognitivas superiores (Redolar, 2014)

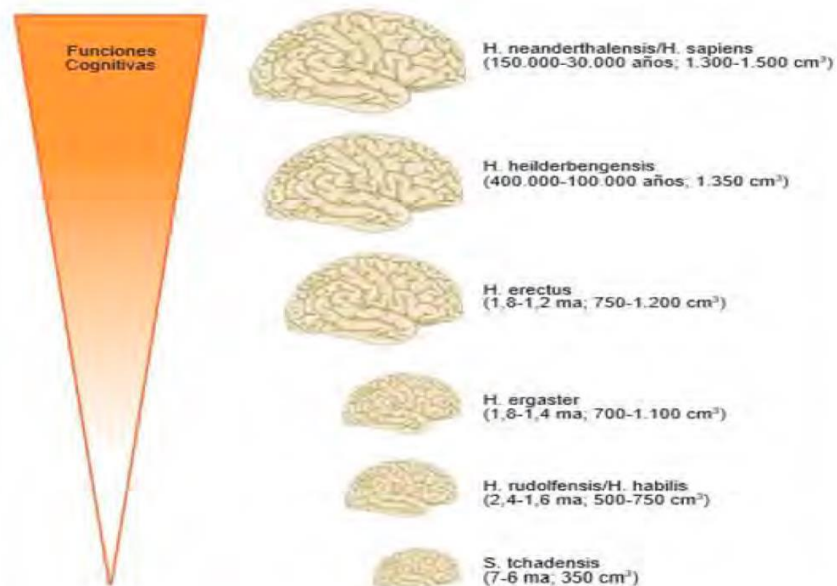
Redes neuronales y funciones cognitivas: La evolución del cerebro humano ha estado marcada por el desarrollo de redes neuronales especializadas que facilitan funciones cognitivas complejas. Estas redes incluyen áreas asociativas que integran información de diferentes modalidades sensoriales y permiten la formación de conceptos, el uso del lenguaje, el procesamiento semántico y la memoria.



Comparación entre el cerebro humano, el de los prosimios y los monos del viejo y nuevo mundo (M.A. Rosales-Reynoso, 2018)

La red semántica es fundamental en el contexto de las funciones cognitivas y el desarrollo del cerebro humano, y su importancia se puede resumir en varios aspectos:

- **Capacidad de asociación:** La red semántica permite al cerebro humano establecer asociaciones y representaciones simbólicas entre diferentes conceptos. Esto es crucial para el procesamiento de información, ya que facilita la comprensión y el uso del lenguaje, así como la capacidad de relacionar ideas y experiencias
- **Integración de información.** Esta red integra diversas modalidades sensoriales (texturas, formas, colores, sonidos, etc.) y las asocia con significados específicos. Esta capacidad de integración es esencial para la formación de un conocimiento coherente y para la toma de decisiones basada en experiencias pasadas
- **Evolución de la cognición:** La expansión evolutiva de las regiones cerebrales involucradas en la red semántica ha sido un mecanismo clave en el surgimiento de habilidades cognitivas avanzadas. Esto incluye el uso productivo del lenguaje, la planificación de estrategias, la resolución de problemas y la transmisión del conocimiento



Incremento del Volumen cerebral de los Homínidos (Redolar, 2014)

Desarrollo del lenguaje

En el Homo sapiens los cambios anatómicos, como el descenso de la laringe y modificaciones en el control motor de la respiración, han facilitado la producción del habla. Estos cambios son considerados cruciales para la evolución del lenguaje humano y su capacidad de comunicación compleja.

El desarrollo del lenguaje se asocia al gen *foxp2*. Este gen está relacionado con el desarrollo del habla y que las mutaciones en él pueden causar trastornos en la adquisición del lenguaje. La aparición del gen *foxp2* es un tema de gran interés en la investigación sobre la evolución del lenguaje humano. Este gen es parte de una familia de genes que están involucrados en el desarrollo del sistema nervioso y en la regulación de la expresión de otros genes, y se encuentra en muchas especies, incluidos reptiles, aves y mamíferos. Esto sugiere que el gen tiene un origen antiguo y ha sido conservado a lo largo de la evolución, sin embargo, la versión humana del gen *foxp2* presenta diferencias significativas en comparación con las versiones de otros primates, como los chimpancés, que solo difieren en dos aminoácidos, y está involucrado en la formación de circuitos neuronales que son esenciales para el control motor del habla y la comprensión del lenguaje (áreas de Broca y de Wernicke). Su expresión en áreas del cerebro relacionadas con el lenguaje sugiere que es fundamental para las habilidades lingüísticas, y estas mutaciones podrían haber contribuido a la capacidad de los humanos para desarrollar un lenguaje más complejo y estructurado, lo que se correlaciona con la aparición de comportamientos simbólicos y artísticos en los humanos hace aproximadamente 45,000 años (Gacto, Sanchez, & Gacto, 2006).

Aunque el gen *foxp2* es necesario para el desarrollo del lenguaje, no es suficiente por sí solo. La evolución del lenguaje humano implica de la interacción de múltiples genes y cambios biológicos, como el descenso de la laringe y modificaciones en el control motor de la respiración, que son esenciales para la producción del habla y también de la creación de nuevos genes, lo cual se produce principalmente a través de eventos de duplicación genética, lo que produce un neofuncionalización, y subfuncionalización. La Neofuncionalización, se refiere a que uno o ambos genes duplicados adquieren nuevas funciones que no estaban presentes en el gen ancestral y la subfuncionalización, a que la función ancestral del gen se reparte entre los genes duplicados, permitiendo que cada uno asuma una parte de la función original. (M.A. Rosales-Reynoso, 2018). Además esta mención que la creación de nuevos genes a través de estos mecanismos puede tener un impacto significativo en la evolución, ya que permite la diversificación de funciones biológicas y la adaptación a nuevas condiciones ambientales

Reorganización estructural del cerebro

La reorganización estructural del cerebro humano es un aspecto crucial en su evolución y se refiere a cómo se han modificado los tejidos y circuitos cerebrales a lo largo del tiempo. A medida que el tamaño del cerebro humano ha aumentado, también lo ha hecho la necesidad de una mayor eficiencia en su funcionamiento. La reorganización estructural es esencial para mantener esta eficiencia, ya que un cerebro más grande requiere una mayor cantidad de neuronas y conexiones neuronales. Aunque el tamaño total del cerebro ha aumentado, no todas las áreas han crecido de manera uniforme. La investigación ha mostrado que ciertas regiones, como los lóbulos temporales, han experimentado un crecimiento notable, lo que sugiere una presión selectiva para el desarrollo de estas áreas en particular, que son importantes para funciones cognitivas superiores como la memoria y el lenguaje, por ejemplo, los lóbulos temporales, relacionados con la audición, visión, la memoria y el lenguaje, se observan mucho más grandes en el Homo sapiens, en tanto el cerebelo es relativamente más pequeño (Semendeferi & Damasio, 2000).

Mención especial tiene la evolución de la corteza prefrontal, que está involucrada en funciones como la planificación, la toma de decisiones y el control de impulsos, ha evolucionado significativamente en los humanos. Esta área del cerebro es más grande y más compleja en comparación con otros primates. La corteza frontal es una región del cerebro que desempeña un papel crucial en las funciones cognitivas superiores. En el documento, se menciona que la corteza prefrontal y otras áreas asociadas de la corteza frontal están implicadas en el surgimiento de las funciones cognitivas durante la evolución homínida. Estas áreas son responsables de procesos como la toma de decisiones, el control de impulsos, la planificación y la regulación emocional. La expansión evolutiva de la corteza cerebral no fue homogénea, privilegiándose la neocorteza, que es la principal responsable de las funciones cognitivas.

La corteza prefrontal ha experimentado un crecimiento significativo en los humanos a lo largo de la evolución. Aunque no se ha observado una expansión tan drástica como se pensaba anteriormente, se ha documentado un aumento en la complejidad de sus circuitos neuronales, lo que sugiere que ha evolucionado para soportar funciones cognitivas más

complejas. Comparado con otros primates, la corteza prefrontal humana muestra una mayor especialización y cantidad de conexiones neuronales (M.A. Rosales-Reynosoa, 2018).

La complejidad de las funciones cognitivas y sociales en la especie humana, son producto del desarrollo del sistema nervioso, en un periodo que no supera los 20 millones de años y que están asociadas con el desarrollo de funciones cognitivas más complejas en los primates, relacionadas con las neuronas de von Economo que son un tipo de neurona que se encuentra principalmente en la corteza cerebral de los primates, incluyendo a los humanos (Redolar 2014). Estas neuronas son de morfología bipolar y se caracterizan por su gran tamaño y su presencia en áreas específicas del cerebro, como la corteza cingulada y la corteza frontal inferior. Se ha propuesto que las neuronas de von Economo están relacionadas con funciones cognitivas avanzadas, como la regulación emocional, el comportamiento social (Salveti, 2019) y la toma de decisiones. Su presencia en la corteza frontal sugiere un papel en la organización de la conducta social y en la formación de jerarquías dentro de grupos sociales. En los humanos, la proliferación de estas neuronas comienza casi al final de la gestación y continúa hasta bien entrada la infancia, lo que indica que su desarrollo es un proceso prolongado y significativo en la ontogenia del cerebro humano (Redolar 2014)

Neuroplasticidad

A lo largo de la evolución, el cerebro humano ha desarrollado una notable plasticidad, lo que le permite adaptarse a diferentes entornos y experiencias. Esta plasticidad es crucial para el aprendizaje y la adquisición de habilidades cognitivas, y se manifiesta en el desarrollo prolongado del cerebro humano, que se extiende hasta la adolescencia.

Recordemos que la neuro plasticidad es el proceso neurobiológico, por el cual se producen cambios estructurales y funcionales del cerebro, particularmente la plasticidad sináptica, que es la capacidad de las sinapsis para fortalecerse o debilitarse, es esencial para el aprendizaje y la formación de recuerdos. A medida que las personas adquieren nuevas habilidades o conocimientos, las conexiones neuronales se reorganizan, lo que permite un mejor procesamiento de la información y la retención de recuerdos.

La neuro plasticidad cerebral no solo es importante para el desarrollo individual, sino que también tiene implicaciones evolutivas. La capacidad de adaptarse a diferentes entornos y situaciones ha permitido a los humanos desarrollar comportamientos complejos y culturales, lo que ha sido crucial para la supervivencia y el éxito de la especie. La plasticidad cerebral permite que el cerebro se modele en función de las experiencias vividas. Factores como la experiencia, la cultura y las relaciones interpersonales pueden tener un impacto significativo en la estructura y función cerebral, lo que a su vez afecta el comportamiento.

En el Homo sapiens, la neuroplasticidad, posibilitó la emergencia de una mente moderna, integrada, flexible en el manejo de la información procesada. La mente del Homo sapiens, se manifestó plenamente hace unos 60.000 años, cuando el hombre fue capaz de generar la evolución cultural (Arsuaga & L., 2004), y con ello el arte, la cultura, y la cognición simbólica.

Las condiciones ambientales han tenido un impacto significativo en la evolución del cerebro humano, especialmente a través de la plasticidad cerebral. Esta plasticidad, como se mencionó, permite que el cerebro se adapte y se moldee en respuesta a diversas influencias externas, incluyendo factores ecológicos, sociales y culturales. Las influencias ambientales pueden modelar tanto la anatomía cerebral como el comportamiento, lo que sugiere que la plasticidad cerebral actúa como un vínculo entre la evolución biológica y la evolución cultural (Sherwood, 2016)

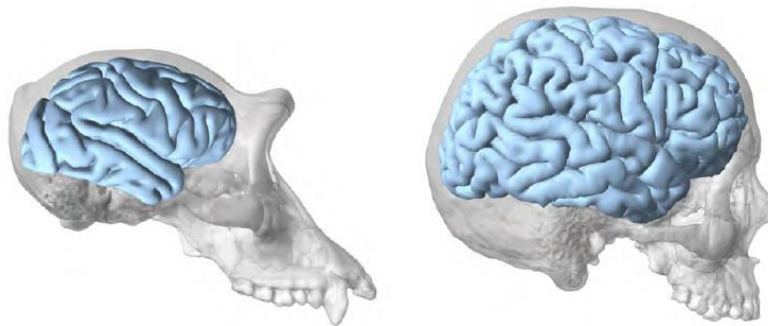
Neotenia

La neotenia se define como el retraso ontogenético de una especie, y esto es particularmente notable en la especie humana. La neotenia, está íntimamente relacionada con la neuro plasticidad cerebral. Un alto nivel de plasticidad puede ser el resultado de la selección natural, que favoreció partos tempranos en homínidos con cerebros más grandes, por tanto esto conlleva a que los bebés nacen con cerebros inmaduros que continúan desarrollándose bajo la influencia de su entorno, lo que les permite adaptarse mejor a las condiciones específicas en las que se encuentran. En el contexto de la evolución del cerebro humano, la neotenia se refiere a la prolongación de ciertos procesos de desarrollo que permiten que los humanos mantengan rasgos infantiles, como un cerebro más plástico y un mayor número de conexiones neuronales, durante un período más largo en comparación con otros primates. Este proceso de neotenia probablemente ocurrió hace entre dos y tres millones de años, coincidiendo con la aparición del género Homo, y se asocia con una expansión continua de la neocorteza y un aumento en la complejidad del comportamiento, como la manufactura de herramientas (Sherwood 2016).

La retención de características juveniles en los adultos puede facilitar una mayor adaptabilidad y aprendizaje, lo que es fundamental para el desarrollo cultural y social de los humanos. La neotenia ha jugado un papel importante en la evolución del cerebro humano al permitir un desarrollo más prolongado y flexible, lo que contribuye a nuestras capacidades cognitivas y conductuales únicas (Sherwood 2016)

Los estudios comparativos de la evolución de la plasticidad del desarrollo se centran en cómo las diferencias en la plasticidad cerebral entre humanos y otros primates, como los chimpancés, han influido en la evolución de las capacidades cognitivas y comportamentales. Estos estudios han mostrado que, aunque los chimpancés también experimentan un aumento en la densidad sináptica durante su desarrollo, la magnitud y la duración de este proceso son diferentes en comparación con los humanos. Por ejemplo, los humanos presentan un incremento más rápido en el volumen de materia blanca en la infancia temprana, lo que sugiere que los cambios en el tejido cerebral humano están más relacionados con la creación de conexiones neuronales complejas (Sherwood 2016). También, la mielinización, que es el proceso de formación de una capa aislante alrededor de las neuronas, se extiende más en los humanos que en los chimpancés. Mientras que los chimpancés alcanzan niveles de mielinización adultos al llegar a la madurez sexual, en los humanos este proceso se prolonga hasta la adolescencia tardía. Esto sugiere que los humanos tienen un desarrollo cerebral más prolongado, lo que puede estar relacionado con una mayor refinación de las funciones cognitivas y ejecutivas, que se extiende a lo largo de casi veinte años en los humanos, en comparación con otros primates. Esta prolongación del desarrollo está asociada con un pensamiento abstracto más avanzado y una mayor necesidad de establecer conexiones sociales, lo que a su vez está vinculado al desarrollo de funciones ejecutivas y a la maduración de la corteza prefrontal (Sandoval, 2017)

La neotenia se refiere a la retención de características juveniles en etapas adultas de un organismo. En el contexto del Homo sapiens, se destaca que los humanos presentan un nivel de neotenia superior al de sus antepasados y otros primates. Esto se manifiesta en un desarrollo más prolongado y en la dependencia de vínculos afectivos y relaciones sociales a lo largo de la vida.



Diferencias en el tamaño y la anatomía del cerebro entre chimpancés y humanos (Sherwood 2016)

Teoría de la mente

La teoría de la mente es la capacidad de entender que otros individuos tienen pensamientos, creencias, deseos y emociones que pueden ser diferentes de los propios. La teoría de la mente se desarrolla en la infancia y se considera que los niños comienzan a mostrar signos de esta habilidad alrededor de los 2 a 3 años de edad, y medida que crecen, su comprensión de las intenciones y creencias de los demás se vuelve más sofisticada. Esta capacidad es crucial para la empatía, la cooperación y la resolución de conflictos en contextos sociales. Esta habilidad es fundamental para la interacción social, ya que permite a las personas predecir y explicar el comportamiento de los demás. En el contexto de la evolución y la cognición social, la teoría de la mente ha sido objeto de estudio para comprender cómo los humanos se diferencian de otros primates, como los chimpancés.

El desarrollo de la neuro plasticidad del cerebro humano también juega un papel importante en el desarrollo de la teoría de la mente. Las áreas del cerebro involucradas en la cognición social, como la corteza prefrontal, muestran un alto grado de plasticidad, lo que permite a los individuos adaptarse y aprender de sus interacciones sociales a lo largo de su vida. Los estudios han demostrado que los chimpancés y otros primates también poseen una forma básica de teoría de

la mente, lo que les permite entender las intenciones de sus compañeros. Sin embargo, la complejidad y la profundidad de la teoría de la mente en humanos son significativamente mayores. Los humanos pueden comprender no solo lo que otros piensan, sino también lo que otros piensan que otros piensan, lo que se conoce como "teoría de la mente de segundo orden"

Las implicaciones evolutivas de esta teoría son importantes en el sentido que ha sido fundamental para el desarrollo de sociedades complejas. Esta habilidad permite la cooperación en grupos grandes, la comunicación efectiva y la formación de relaciones interpersonales profundas. La capacidad de anticipar y comprender las acciones de otros ha facilitado la creación de culturas ricas y diversas, así como sistemas de normas sociales.

La neuroplasticidad, la teoría de la mente, el desarrollo de redes semánticas, filogenéticamente, no solo han sido importantes para la cognición individual, sino que también juega un papel crucial en la comunicación social y el aprendizaje por imitación, propias de la especie humana. A medida que las redes neuronales se volvieron más complejas, permitieron una mayor capacidad para compartir y construir conocimiento cultural, es decir fueron una fuente de la base para la creatividad y la innovación. La capacidad de hacer conexiones entre conceptos aparentemente no relacionados, facilitada por la red semántica, es fundamental para la creatividad y la innovación. Esto permite a los individuos generar nuevas ideas y soluciones a problemas, lo que ha sido un factor clave en el desarrollo de la civilización humana

BIBLIOGRAFIA

Gacto, M., Sanchez, A., & Gacto, M. (2006). Lenguaje, Genes y evolucion. *Resla* 19 (2006), 119-128.

Redolar, D. (2014). *Neurociencia Cognitiva*. Buenos Aires: Editorial Medica Panamericana.

M.A. Rosales-Reynoso, (2018). Evolución y genómica del cerebro humano. *Neurología*, 254-265.

Semendeferi, K., & Damasio, H. (2000). The brain and its main anatomical subdivisions in living hominoids using magnetic resonance imaging. *Journal of Human Evolution*, 317-332.

Arsuaga, J., & L., M. I. (2004). La especie elegida. La larga marcha de la evolución humana. En J. & Arsuaga, La especie elegida. La larga marcha de la evolución humana. . Madrid: Ediciones Temas de Hoy. .

Sherwood, A. G.-R. (2016). La evolución del cerebro humano. *MÈTODE Science Studies Journal* (2016). Universitat de València., 71-79.

Salvetti, V. P. (2019). Neuronas Von Economo: Sustrato De La Intuición Como Autopercepción Integrada. *Global Journal of HUMAN-SOCIAL SCIENCE: H Interdisciplinary*, Volume 19 Issue 6 Version 1.0.

Sandoval, D. A. (2017). Filogenia y desarrollo de funciones ejecutivas. *Psicogente*, 20 (38): pp. 368-381. Julio-Diciembre, 2017, 368-381