

EVOLUCIÓN, CEREBRO Y COGNICIÓN

Luis Felipe Zapata*

Resumen

En esta revisión se presenta un recorrido sobre el proceso de la evolución cerebral en los últimos 4 millones de años; en la segunda parte, se enfatiza en el concepto de modularidad de la mente, y el papel del lenguaje y de la fluidez cognitiva en el paso de la mente primitiva a la mente moderna. Se hace referencia a las funciones ejecutivas, la memoria de trabajo y la teoría de la mente. El enfoque es el de la teoría de la complejidad, la cual concibe la mente como una emergencia, es decir, como una propiedad de la interacción, en este caso, de la interacción neural presente en el cerebro.

Palabras claves: Evolución, cerebro, cognición, memoria de trabajo, fluidez cognitiva, flexibilidad cognitiva, género homo.

Fecha de recepción: 7 de septiembre de 2009
Fecha de aceptación: 28 de septiembre de 2009

* Psicólogo, Universidad del Norte. Magister en Neuropsicología, Universidad San Buenaventura, Medellín. Docente Departamento de Psicología, Universidad del Norte. Miembro investigador del Grupo Internacional en Investigación en Neurociencia y Conducta (GIINCO). lzapata@uinorte.edu.co

Correspondencia: Universidad del Norte, Km 5, vía a Puerto Colombia, A.A. 1569, Barranquilla (Colombia).

Abstract

This paper presents a review of the brain evolution process in the last four million years, and focuses, in the second part, on the brain modularity concept, the role of language, working memory and cognitive fluency, through the path of the primitive mind to the modern mind. It refers to the executive functions and the theory of mind. It is based upon the complexity theory which explains that mind is emergent as an interaction property, in this case, due to the brain neural interaction.

Key words: Evolution, brain, cognition, working memory, cognitive fluency, cognitive flexibility, homo lineage.

La teoría de Charles Darwin ha tenido un impacto profundo y amplio en casi todos los campos del conocimiento: la biología por supuesto, a la cual le facilitó una ley general que unifica todo el saber biológico; la antropología, la arqueología, la zoología y, sin lugar a dudas, en la psicología (Sampedro, 2007). Desde Darwin entonces, se ha venido postulando, pero con más fuerza en los últimos años con el avance de las neurociencias, la unión entre la biología y la psicología.

Así como la biología se apoya en la química y en la física para estudiar y conocer su objeto de estudio, la psicología no debe temer acercarse a la biología. Este acercamiento no implica posiciones reduccionistas de los procesos psicológicos a lo biológico, sino la incorporación de elementos que son importantes para profundizar en el conocimiento de los procesos cognitivos y emocionales humanos (Geary, 2008).

Gracias al avance de las neurociencias, al conocimiento de los procesos cerebrales que sustentan los procesos mentales, podemos decir que lo mental ha vuelto a ocupar, después del oscurantismo conductista, el lugar que le pertenece en el campo del conocimiento y de la investigación, y ha colocado a la psicología, prácticamente en el estatus de las ciencias naturales al facilitarle una base material, para su estudio: el cerebro. Por esta razón, los psicólogos tenemos un reto inmenso: elaborar una psicología a partir de los datos biológicos.

La psicología evolucionista, las neurociencias y la paleoantropología actual consideran la cognición como una estrategia de supervivencia, frente a las fuertes presiones ambientales que en el curso de la evolución el linaje *homo* ha enfrentado (Pinker, 2000). En este sentido, podemos afirmar que la vida no es sólo biología, sino también cognición (Varela, 2000). ¿Cómo habría podido sobrevivir el hombre sin la cognición? Su fuerza física no hubiese sido suficiente para afrontar las difíciles demandas que en un comienzo tuvo (Arsuaga, 2004).

Si la psicología entra a apoyarse en el estudio de la organización cerebral para lograr una materialidad de su objeto de estudio, es decir, la cognición, la afectividad y la emoción, la subjetividad y por último, la conciencia, tiene que enlazarse también con las teorías evolucionistas, porque lo que ha demostrado Darwin es que ninguna especie ha sido creada, sino que todas han evolucionado de formas de vidas ancestrales y comunes, a través de procesos azarosos que han generado toda la complejidad filogenética, mediante la selección de aquellos genes que permiten un fenotipo ventajoso para la supervivencia (Stix, 2009). Si nos interesa conocer el cerebro, tenemos que remitirnos a la evolución, porque este órgano, materia que se piensa a sí misma, se ha formado, estructurado y cambiado por selección natural en el largo proceso evolutivo. Está confirmado que la humanidad nació en Africa, en su región nororiental, cerca de lo que hoy se conoce como el cuerno de África. El fósil completo más antiguo que se ha hallado es el de la famosa Lucy, el cual data de hace unos 3.8 a 4 millones de años (Amati, 2007). Estos antepasados son conocidos como *australopithecus*, es decir, monos del sur, ya tenían una particularidad: caminaban erguidos. Por cambios climáticos, habían bajado de los árboles y entraban a aventurarse en la sabana. Los *australopithecus* tenían una morfología simiesca, piernas cortas y brazos largos y su cerebro poseía un volumen cercano a los 400 a 450 cc, muy próximo a los de los primates no humanos actuales (Tattersall, 2000).

El bipedalismo fue el primer salto cualitativamente importante, ya que tuvo consecuencias morfológicas, metabólicas, cerebrales, visuales e impactó, incluso, en una nascente afectividad, al reforzar el vínculo de las parejas. La marcha bípeda cambió la forma corporal, la cual era más adaptada al calor de la sabana porque permitía refrescar mejor el cuerpo

que una marcha cuadrúpeda, resistía así correr largas distancias, facilitó la visión estereoscópica, y el consumo energético que se ahorra pudo ser asimilado por el cerebro para su crecimiento, y algo importante: liberó las manos para la construcción futura de instrumentos (Arsuaga, 2004). Además, el bipedismo al estrechar la abertura pélvica en la mujer al mismo tiempo que el cerebro crecía, convirtió el parto en un evento doloroso. Pero como muchas veces sucede, este parto doloroso pasó de ser un hecho solitario a un hecho social; la hembra necesitaba de ayuda de otros miembros del grupo para que la cría pudiera aumentar las posibilidades de sobrevivir y esto, a su vez, empezó a reforzar los vínculos de una afectividad que se asomaba por primera vez (Rosenberg & Trevathan, 2002).

La marcha hacia la humanización que comenzó hace unos 2.8 millones de años con el *homo habilis* como constructor de las primeras herramientas, lascas pulidas. Este ser era más grácil que los *australopithecus*, había dejado definitivamente los árboles y se amoldaba mucho mejor a la vida de la sabana. Su cerebro era mayor que el de los *australopithecus*, pues tenía un volumen entre 500 y 800 cc (Roth, 2005). Su cuerpo se parecía más al de un *australopithecus*, pero su rostro y dentición estaban más cerca del rostro humano. Existió un hecho muy significativo: empezó a construir instrumentos líticos muy rudimentarios, como lascas pulidas en su punta que le permitía defenderse de los enemigos, y atacar y descuartizar a las presas. Era carroñero, robaba animales muertos por otros animales. Hace más de 1.6 millones de años que no se encuentran fósiles de estas primeras especies de homo los cuales parecen haber sido sustituidos por el *homo erectus*.

El *homo erectus* fue la primera especie que emigró del continente africano. Se han encontrado restos de este homo en Georgia y en China, el llamado hombre de Pekin. Se considera que vivió en África, Oriente Medio y el sur de Asia desde hace unos 1.6 millones de años hasta hace 500.000 años. Sus descendientes, los *homos heidelbergensis*, se convirtieron en los primeros pobladores de Europa hace alrededor de 800 mil años (Kolb 2002). El cerebro del *homo erectus* era más grande que el del *homo habilis*, entre 800 y 1250 cc, tenía rebordes supraorbitales prominentes y un esqueleto robusto.

El *homo heidelbergensis* descendió del *homo erectus* y fue el primer poblador de Europa. Los *neanderthales*, que evolucionaron de *homo heidelbergensis*, vivieron principalmente en Europa desde hace unos 250.000 a 100.000 años, incluso, se han encontrado restos de *neanderthales* de hace unos 30.000 años, lo cual demuestra que en un momento convivieron diferentes tipos de homo (Wynn, 2008). Se distinguen del *homo erectus* por su mayor volumen cerebral, entre 1200 y 1700 cc, un volumen mayor que el nuestro. Su nariz era larga y menores rebordes supraorbitales. Su cuerpo era de complejión muy fuerte, corpulento y musculoso, con piernas cortas y un gran torax. Muchos de sus rasgos anatómicos son adaptaciones a una vida en medios muy fríos. El cuerpo de los *neanderthales* parece haber experimentado un alto grado de lesiones físicas y enfermedades degenerativas que podrían reflejar un estilo de vida físicamente muy duro. Algo importante y novedoso: enterraban a sus muertos.

En esta resumida secuencia evolutiva, el último en aparecer ha sido el *homo sapiens sapiens* hace unos 150.000 años (Martin-Loeches, 2008). Durante el período evolutivo que nos ocupa, el aumento del tamaño del cerebro ha sido significativo al pasar de unos 450 cc de los primeros *australopithecus* hasta los 1400 cc de volumen que en promedio poseen los cerebros de los humanos modernos (Kaas, 2006). Un crecimiento muy rápido, ya que en 4 millones de años, tiempo breve en términos evolutivos, el cerebro prácticamente triplicó su tamaño.

Descendiente del *homo sapiens* arcaico africano, el *homo sapiens sapiens* se distingue de este último homo y del homo de neanderthal por una complejión menos robusta, la reducción y frecuente ausencia de rebordes supraorbitales, lo cual permitió el crecimiento de los lóbulos frontales, un cráneo más redondo y dientes más pequeños (Black, 1998). Hace unos 100.000 años, los *homo sapiens sapiens* pudieron dispersarse por África y Asia Central, y colonizaron a Europa hace alrededor de 80.000 años, y a Australia hace unos 60.000 años. Hace unos 30.000 años, con la extinción de los últimos neandertales, el *homo sapiens sapiens* fue el único miembro superviviente del linaje homo (Leakey, Walker, 1997).

El aumento del tamaño del cerebro correlaciona con el aumento del tamaño del grupo social, el cambio de la dieta, la producción de los

primeros instrumentos técnicos y, en general, con un aumento en la complejidad cognitiva, que es la característica principal del *homo sapiens sapiens*: el pensamiento simbólico (Byrne, Bates, 2007).

Es necesario aclarar que aún este crecimiento cerebral no es lo definitivo como marcador evolutivo de la complejidad cognitiva. La clave no es el tamaño absoluto del cerebro. De hecho, delfines y ballenas poseen un cerebro mucho mayor que el nuestro, alrededor de unos 5000 cc. Mucho más importante es la relación entre el tamaño del cerebro y el tamaño del cuerpo, relación expresada en el coeficiente de encefalización, el cual, siendo de 7 en el *homo sapiens sapiens*, es el mayor en la escala filogenética. Esto quiere decir que nosotros tenemos un cerebro 7 veces más grande que el que nos correspondería por nuestro tamaño corporal (Neill, 2007).

En este proceso evolutivo, el cerebro representando el 2 – 3% del peso corporal ha llegado a consumir el 20% de la tasa metabólica total. Tomó para sí el ahorro energético que ofreció la marcha bípeda, así como también el ahorro metabólico gastrointestinal al pasar el homo de una dieta basada en vegetales, de más larga digestión, a una dieta carnívora rica en proteínas y energía de digestión más rápida (Leonard, 2003).

Pero, ¿para qué un órgano tan costoso energéticamente? Todo indica que para generar un proceso cognitivo cada vez más complejo, que como se dijo al comienzo, ha servido como una estrategia bastante efectiva de supervivencia para una especie físicamente muy débil. Según Llinás (2004), la función del cerebro en términos generales es generar la cognición y la emoción humana, a partir del registro sensorial del mundo externo y del estado corporal representados neuralmente, sintetizar estas dos informaciones y lograr así una representación interna de la realidad externa y de nuestra corporalidad, mediando las respuestas motoras generadas frente a las demandas del medio.

Por otra parte, ¿qué características tenían la mente de los hominos primitivos y cuáles son las principales del *homo sapiens sapiens*? Para responder a este interrogante se considerará la propuesta que sobre la modularidad de la mente se hace desde la psicología cognitiva, las neurociencias e, incluso, desde la paleoantropología. Parece existir un

consenso respecto a que la mente humana está organizada en módulos con especificidad de dominio. En términos evolutivos, poseer módulos para actividades específicas parece ser más eficaz que tener una capacidad general para la diversidad de actividades y ambientes a las que se ven enfrentados los humanos (Barkow, Cosmides, Tooby, 1992). Los módulos no implican un localizacionismo tipo frenológico, sino más bien una función de acuerdo con las concepciones de Alexander Luria, para quién las funciones cognitivas complejas podían estar representadas en redes neurales ubicadas en diferentes regiones del cerebro, pero que pueden dispararse en forma sincrónica, generando la actividad modular (Luria, 1979). Estas redes pueden hacer parte de un módulo u otro, generando una dinámica fluida a nivel neurocognitivo.

Por supuesto que había cognición en los humanos primitivos. Mithen (1996) propone que estos ancestros poseían tres grandes módulos mentales: un módulo técnico para la elaboración de instrumentos y herramientas, un módulo para el conocimiento del mundo natural, el cual lo orientaba en la caza, en el seguimiento de huellas y en su relación con la naturaleza; y un módulo social que le servía para la interacción con los otros miembros del grupo. Sin embargo, estos tres módulos estaban separados y no funcionaban en forma integrada. Esto permite entender que los homos primitivos hubiesen avanzado en su cognición social, mas no así en la producción de herramientas e instrumentos. Ha habido una creencia respecto a que lo definitivo en la evolución fue la construcción de herramientas, al ser liberadas las manos con el logro de la marcha bípeda; sin embargo, en 3.8 millones de años no se logró un avance significativo en la construcción de herramientas; estas son más un producto del hombre moderno. Parece que ha sido más importante la cognición social lograda desde etapas tempranas para responder a una necesidad fundamental, sin la cual no se hubiese podido sobrevivir en un medio tan agresivo y hostil, la unión del grupo, la cohesión social, el apoyo grupal (Wong, 2004).

Según Brune y Brune-Cohrs U. (2006), la teoría de la mente, esa capacidad de poder inferir estados mentales intencionales en los otros, tal como percibimos los que cada uno de nosotros posee, requisito sin condición para las relaciones de grupo, está presente en la mente de chimpancés y

orangutanes. Estos primates no humanos establecen relaciones sociales que se caracterizan claramente por alianzas, trampas y engaños; por ejemplo, se sabe que las hembras copulan en silencio con machos jóvenes para que el macho dominante no lo perciba; los machos jóvenes, por su parte, muestran su pene erecto a las hembras pero con su mano se lo ocultan al macho dominante. Unos con otros se alían para destronar al macho dominante. Es de considerar que si estos primates poseen un módulo que facilita la inferencia de los estados mentales de los otros, el *homo habilis*, primer ancestro del tipo homo, lo poseyera también mucho antes del desarrollo del módulo técnico de elaboración de herramientas. Claro está que el corolario de la teoría de la mente es nuestra dificultad de comprender y aceptar que alguien pueda pensar diferente a nosotros, lo cual, como sabemos, es la fuente de conflictos en todo grupo social (Wong, 2000).

Pero ¿qué evento facilitó la integración de los tres módulos y qué efectos tuvo en la generación de una cognición mucho más compleja? Las hipótesis al respecto, desde distintas disciplinas como la paleoantropología y la psicolingüística, consideran la aparición del lenguaje como la emergencia que facilitó la integración de los tres módulos, lo que permitió de esta forma la generación de una de las características de la mente moderna, la fluidez cognitiva (Mithen, 1996).

La fluidez cognitiva se puede entender como la facilidad del flujo de información entre los diferentes módulos (Martin-Loeches, 2007). La información ya no se encuentra encapsulada en módulos particulares, sino que, sin perder la organización modular, la fluidez cognitiva alcanzada a partir de la aparición del lenguaje, permite una integración de diferentes tipos de información, es decir, el mundo social con el mundo no-social. De esta forma, el lenguaje y la fluidez cognitiva permiten percepciones y cogniciones más complejas sobre el mundo y sobre nosotros mismos, lo cual va a dar origen a la mente moderna, al *homo sapiens sapiens* (Wong, 2005).

La fluidez cognitiva aumenta la complejidad porque aumenta la información que podemos procesar, nos permite realizar más relaciones entre los estímulos y eventos que percibimos y vivimos. La fluidez está

relacionada con la rapidez en el procesamiento de la información, facilita la imaginación, la libre asociación de los elementos recordados, la libre expresión, la fluencia de relaciones, la percepción de diferentes opciones, pero no para determinar el dato específico como en la producción convergente, sino para facilitar la aparición de analogías y asociaciones latentes en el recuerdo (Coolidge & Wynn, 2005). Podemos decir, en cierto sentido, que la fluidez cognitiva es la base de la creatividad, los individuos que adquirieron esta habilidad alcanzaron una ventaja adaptativa y sobrevivieron.

Unos procesos generan otros nuevos. La fluidez cognitiva alcanzada en el *homo sapiens sapiens* aumentó la complejidad del sistema, ya que este pasó de un sistema compartimentado a un sistema altamente integrado, donde el todo es mucho más que la suma de las partes, donde lo que genera los procesos es la interacción, el patrón sincrónico que fluye comunicando todo el sistema internamente (Coolidge & Wynn, 2001). Y desde la teoría de sistemas y de la complejidad se propone que todo aumento en la complejidad genera una mayor entropía, una tendencia al desorden, al caos. Es así que se necesita, entonces, un centro supramodal que integre, coordine, regule, organice y controle toda la actividad generada por el sistema, en nuestro caso, el cerebro humano.

El cerebro, moldeado por las presiones ejercidas por los nichos ecológicos que los diferentes homo van ocupando, aumentó su tamaño, principalmente la corteza cerebral, la cual se desarrolló para dar una racionalidad a la actividad límbica, y en ella las áreas prefrontales, las cuales van a tomar el mando que exige la complejidad de un cerebro más grande con más neuronas y por lo tanto con muchas más conexiones (Semendeferi, Damasio & Frank, 1997). Las posibilidades funcionales supramodales de las áreas prefrontales están dadas por la riqueza de sus conexiones. Es una región cerebral con intrincadas conexiones entre ella misma, con otras regiones corticales y con regiones subcorticales en lo profundo del tejido cerebral, conectándose así con todo el cerebro. Pero elaborar esta riqueza sináptica requiere tiempo, no bastan los 9 meses de desarrollo prenatal, ni siquiera la primera infancia. Por esta razón las áreas prefrontales terminan de madurar en la adolescencia tardía, hacia los 18 o 20 años (Smith, Szathmary, 2001). Somos entonces organismos

que nacemos prematuramente, inmaduros, por lo que para madurar física y psicológicamente necesitamos de una infancia prolongada, hecho que nos da una ventaja significativa, estamos abiertos al aprendizaje. Y gracias a la plasticidad cerebral, a esa capacidad que tienen los circuitos cerebrales de modificarse por efecto de la experiencia, estamos abiertos a ese aprendizaje durante toda la vida.

Según Hirnstein, Hausmann y Gunturkun (2008), las áreas prefrontales generan los procesos cognitivos superiores que resultan de la integración de todo el funcionamiento cerebral, la organización de planes coherentes de acción, la flexibilidad cognitiva, los procesos metacognitivos, como la monitorización de la conducta y la inhibición de impulsos caóticos impulsivos y de especie, que emergen de áreas subcorticales, permitiendo aún más la regulación de la conducta social y del proceso cognitivo complejo que aparece en el *homo sapiens sapiens*. Las áreas prefrontales, entonces, organizan el pensamiento y la conducta, y permiten la autorregulación, por lo que se considera que la conciencia y la personalidad, incluso, la ética y la moral, tienen su asiento en estas áreas (Ardila, Ostrosky-Solís, 2008).

Al aumentar la información que podemos manejar, se hace necesario entonces un espacio mental donde esa información pueda ser manejada en forma flexible, momento a momento, en función de la relación con el entorno. Un espacio donde la información fluya, entra y salga en función de la tarea, un espacio mental que se apoye en los procesos perceptuales y en la atención que demanda la actividad, pero que a la vez conecta lo presente inmediato con la información que hemos almacenado a largo plazo; conecte la atención del momento con nuestra reserva cognitiva, con la información acumulada y, que realice algo maravilloso, extraer de esa reserva, la información exacta para afrontar la exigencia del momento (Coolidge & Wynn, 2007). Este espacio es la llamada memoria de trabajo, que depende de la fluidez cognitiva y que es también una función de las áreas prefrontales.

Esta mente moderna, fluida, integrada, flexible en el manejo de la información procesada, la mente del *homo sapiens sapiens* que se ha venido fraguando en los últimos 3.8 millones de años, se considera que se manifestó

hace unos 60.000 años, cuando el hombre fue capaz de generar el otro tipo de evolución, la evolución cultural (Arsuaga, Martínez, 2001). Hacia ese período, apareció algo completamente nuevo, algo de lo cual no se ha encontrado resto alguno antes de ese tiempo: el arte, y por lo tanto la cultura, o sea, la cognición simbólica. La cognición moderna comenzó con el arte (Mithen, 1996), y no sólo aparece sino que es una explosión, la explosión del arte paleolítico, fundamentalmente europeo, del cual dijo Miró, el pintor español del siglo pasado, dijo “todo arte posterior a él (al arte paleolítico) es decadencia.

Por primera vez el hombre, y ya podemos utilizar esta palabra, se lanza a dejar mensajes en forma consciente, quiere hacerlo, está afanado por lograrlo, pinta animales, alces, bisontes, venados, escenas del mundo natural y graba sus manos en las paredes de las cavernas. La fluidez cognitiva alcanzada entre los tres módulos, le permite integrar por primera vez el mundo social con el mundo natural, hace collares de piezas de huesos para adornarse, se pinta el cuerpo para mostrar su poder o para hacerse más atractivo ante las hembras. Según Deacon (2000), su actividad deja ser exclusivamente concreta, inmediata y se vuelve abstracta a través del pensamiento simbólico. Es decir, manipula mentalmente elementos de módulos diferentes, los integra y genera algo novedoso, el pensamiento mágico, la religión, incluso, aparece por primera vez un pensamiento antropomórfico y totémico, un pensamiento animista reflejado en figuras con cuerpo de hombre y cabeza de león. Desde un punto de vista de la estructura de la mente y la cognición, esto es unión del módulo técnico con el módulo natural, con el módulo social. Se piensa que desde ese entonces el cerebro es el mismo, no se han registrado cambios importantes en él (Martin-Loeches, 2006).

Beaman (2007) sostiene que la emergencia de la cognición humana ha sido un proceso, por una parte lento, pero por otra se podría pensar que rápido, ya que se realizó en los últimos cuatro millones de años, tiempo breve en términos evolutivos. Ha sido un proceso azaroso, complejo, difícil aún de captar en su totalidad pero, sin lugar a dudas, determinado por las condiciones materiales de existencia en cada momento, condiciones que estableciendo exigencias particulares, demandaban flexibilidad conductual para la generación de comportamientos adaptativos, útiles para la supervivencia.

La emergencia de la cognición no se puede conocer sin la relación con los cambios en la organización cerebral (Lopera, 2004). Los diferentes procesos cognitivos que caracterizan al *homo sapiens sapiens* tienen su asiento en las interconexiones neuronales, patrones de activación sincrónica que se fueron modelando en el curso del proceso evolutivo. Como afirman Gruber y Goschke (2004), cognición, evolución y cerebro se articulan en una unidad indisoluble.

Referencias

- Amati, D. & Shallice, T. (2007). On the emergence of modern humans. *Cognition* 103, 358–385
- Ardila, A. & Ostrosky-Solís, F. (2008). Desarrollo histórico de las funciones ejecutivas. *Revista de Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1) 1-21.
- Arsuaga, J. & L., Martínez, I. (2004). *La especie elegida. La larga marcha de la evolución humana*. Madrid: Ediciones Temas de Hoy.
- Arsuaga, J. & Martínez, I. (2001). El origen de la mente. *Investigación y ciencia*, 302.
- Barkow, J., Cosmides, L. & Tooby, J. (1992). *The adapted mind. Evolutionary psychology and the generation of culture*. New York: Oxford University Press.
- Beaman, C. (2007) Modern cognition in the absence of working memory: Does the working memory account of Neandertal cognition work? *Journal of Human Evolution* 52, 702 – 706.
- Black, I. (1998). Genes, Brain and mind: the evolution of cognition. *Neuron*, 20, 1073 - 1080
- Brune, M. & Brune-Cohrs, U. (2006) Theory of mind—evolution, ontogeny, brain mechanisms and psychopathology. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 30, 437–455.
- Byrne, R. & Bates, L. (2007). Sociality, evolution and cognition. *Current Biology*, 17(16).
- Coolidge, F. & Wynn, T. (2007). The working memory account of Neandertal cognition. How phonological storage capacity may be related to recursion and the pragmatics of modern speech. *Journal of Human Evolution*, 52, 707-710.
- Coolidge, F. & Wynn, T. (2005). Working memory, its executive functions, and the emergence of modern thinking. *Cambridge archaeological journal* 15: 1, 5-26.
- Coolidge, F. & Wynn, T. (2001). Executive functions of the frontal lobes and the evolutionary ascendancy of *homo sapiens*. *Cambridge archaeological journal* 11:2, 255 - 260.
- Deacon, T. (2000). Evolutionary perspectives on language and brain plasticity. *Journal Community Disorders*, 33, 273 - 291

- Geary, D. (2008). *El origen de la mente. Evolución del cerebro, cognición e inteligencia*. México: Manual Moderno
- Gruber, O. & Goschke, T. (2004). Executive control emerging from dynamic interactions between brain systems mediating language, working memory and attentional processes. *Acta Psychologica*, 115, 105–121.
- Hirnstein, M., Hausmann, M. & Gunturkun, O. (2008). The evolutionary origins of functional cerebral asymmetries in humans: Does lateralization enhance parallel processing? *Behavioural Brain Research*, 187, 297–303
- Kaas, J. Evolution of the neocortex. (2006). *Current Biology*, 16 (21), 7, R910-R914.
- Kolb, B. & Whishaw, I. (2002). *Cerebro y conducta*. Madrid: McGraw-Hill
- Leonard, W. (2003). La incidencia de la dieta en la hominización. *Investigación y ciencia*, 317.
- Leakey, M., Walker, A. (1997). Antiguos fósiles de homínidos en África. *Investigación y ciencia*, 251.
- Llinás, R. (2002). *El cerebro y el mito del Yo*. Bogotá: Norma.
- Lopera, F. (2004). Evolución y cognición. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 6, 27-34.
- Luria, A. (1979). *El cerebro en acción*. Barcelona: Editorial Fontanella.
- Martin-Loeches, M. (2006). On the uniqueness of human kind: is language working memory the final piece that made us human? *Journal of Human Evolution*, 50, 226 – 229.
- Martín-Loeches, M., Casado, P. & Sel, A. (2008). La evolución del cerebro en el género Homo: la neurobiología que nos hace diferentes. *Revista de neurología*; 46: 731-41.
- Martin-Loeches M. (2007). *La mente del "homo sapiens". El cerebro y la evolución humana*. Madrid: Aguilar.
- Mithen, S. (1996). *La arqueología de la mente*. Barcelona. Crítica.
- Neill, D. (2007). Cortical evolution and human behaviour. *Brain Research Bulletin*, 74, 191–205.
- Pinker, S. (2000). *Cómo funciona la mente*. Barcelona: Destino.
- Postle, R. (2006). Working memory as an emergent property of the mind and brain. *Neuroscience*, 139, 23–38.
- Rosenberg, K. & Trevathan, W. (2002)- La evolución del parto humano. *Investigación y ciencia*, 304.
- Roth, G. & Dicke, U. (2005) Evolution of the brain and intelligence. *Trends in Cognitive Sciences*, 9 (5).
- Sampedro, J. (2007). *Deconstruyendo a Darwin*. Barcelona: Drakontos
- Semendeferi, K., Damasio, H. & Frank, F. (1997). The evolution of the frontal lobes: a volumetric analysis based on three-dimensional reconstructions

- of magnetic resonance scans of human and ape brains. *Journal of Human Evolution* 32, 375–388.
- Smith, J & Szathmáry, E. (2001). *Ocho hitos de la evolución. Del origen de la vida a la aparición del lenguaje*. Barcelona: Tusquets.
- Stix ,G. (2009). El legado de Darwin. *Investigación y ciencia*, 388, 12-17.
- Tattersall, I. (2000). Homínidos contemporáneos. *Investigación y ciencia*, 282.
- Varela, F. (2000). *El fenómeno de la vida*. Santiago de Chile: Dolmen.
- Wong, K. (2005). La aparición de la mente moderna. *Investigación y ciencia*, 337.
- Wong, K. (2000). Quiénes fueron los Neanderthales. *Investigación y ciencia*, 285.
- Wong, K. (2004). Migraciones prehistóricas de África a Eurasia. *Investigación y ciencia*, 331.
- Wynn, T. & Coolidge, F. (2008) Evolución de la mente: del neanderthal al hombre moderno. *Revista Mente y Cerebro*, 32.
- Wynn, T. & Coolidge, F. (2004). The expert Neanderthal mind. *Journal of human evolution*, 46, 467 - 487.