

¿Descenso o emergencia?

**Claves para comprender el lenguaje como una
discontinuidad biológica**

Guillermo Lorenzo González

Universidad de Oviedo

No parece tener fundamento la opinión según la cual el lenguaje humano sería simplemente un ejemplo más complejo de algo que puede encontrarse en otras partes del mundo animal. Esto plantea un problema al biólogo, ya que, de ser verdad, es un ejemplo de verdadera «emergencia», o sea, de la aparición de un fenómeno cualitativamente diferente en un estadio específico de complejidad de organización.

Noam Chomsky (1968: 124)

Mi opinión es que las habilidades lingüísticas humanas son una emergencia de punto crítico relacionable con la expansión y reorganización del cerebro, una de las principales emergencias de la fetalización. No es el producto de una acumulación cuantitativa de pequeños pedazos y piezas que hayan conferido conjuntamente las suficientes ventajas como para haber hecho evolucionar gradualmente el lenguaje humano.

Robert Reid (2007: 131)

Imagino que todos sentimos la inclinación a destacar la singularidad de aquello que estudiamos. Los lingüistas lo hacemos desde luego constantemente y, así, cuando hablamos del lenguaje como un sistema de comunicación basado en la combinación jerarquizada de símbolos, nos gusta subrayar su singularidad añadiendo observaciones como que nada semejante parece existir entre los sistemas de comunicación empleados por otras especies de animales. En el año 1990 un lingüista, Derek Bickerton, acuñó una expresión que pronto haría fortuna para destacarlo: el lenguaje plantea un problema (o una paradoja, en sus propias palabras) de *continuidad*. Entre los sistemas de comunicación animal abundan los basados en combinaciones de unidades no simbólicas (como el canto de muchas aves) o los basados en la emisión de símbolos aislados (como las vocalizaciones de algunos monos), pero no parece existir otro, aparte del lenguaje, que realmente se base en la combinación de símbolos. Esta discontinuidad resulta problemática desde el punto de vista de su explicación evolutiva: el lenguaje no fosiliza, de modo que la única alternativa para relacionarlo con una capacidad ancestral de la que pudiera ser un descendiente modificado sería el relacionarlo con otras formas homólogas de comunicación que pudieran descender asimismo de esa capacidad ancestral. Es decir, precisamente lo que no parece encontrarse en ninguna otra especie animal.

Frente al *problema de la continuidad* caben tres posiciones, cada una de las cuales cuenta efectivamente con defensores:

1. *Entender que la discontinuidad lingüística es sólo aparente y que, por tanto, la suposición de que el lenguaje descende de una capacidad de comunicación ancestral no es problemática.* Esta posición, común entre los primatólogos, se caracteriza por el empeño en documentar entre los primates no humanos habilidades de tipo combinatorio.

2. *Aceptar que la discontinuidad lingüística es real, pero que la suposición de que el lenguaje descende de una capacidad de comunicación ancestral no es pese a ello problemática.* Esta posición, que lidera entre los lingüistas Steven Pinker, se caracteriza por el esfuerzo en justificar la posibilidad de que el lenguaje descienda de una capacidad desconocida entre los primates no humanos pero sin embargo presente entre los primeros homínidos.

3. *Aceptar que la discontinuidad lingüística es real y que la suposición de que el lenguaje descende de una capacidad de comunicación ancestral es por ello problemática.* Se trata de la posición que defenderé en esta presentación, cuya tesis

fundamental puede resumirse así: el lenguaje es el resultado de la alteración en la pauta de crecimiento (o epigenética) del cerebro de un organismo pre-lingüístico, la cual trajo consigo el desarrollo de ciertas capacidades cuyos precursores pueden encontrarse en otras especies y su integración en un sistema de comunicación y representación desconocido sin embargo en cualquiera de ellas (véase Lorenzo 2004 y 2006 como antecedentes de la idea). Defenderé, en definitiva, que el lenguaje no es un *descendiente modificado* lenta y gradualmente por fuerzas de tipo adaptativo de un sistema de comunicación ancestral, sino que representa un verdadero ejemplo de *emergencia biológica*, aparecido de modo (cuasi) instantáneo en tiempos (relativamente) recientes y cuyas ventajas de orden práctico son en todo caso un efecto, pero en absoluto la causa que haya podido motivar su aparición.

Comenzaré la presentación con un breve comentario sobre las dificultades a que a mi juicio se enfrentan los dos tipos de explicación basadas en el mecanismo darwiniano estándar del descenso con modificación (más selección natural). A continuación, presentaré el concepto de emergencia biológica e inmediatamente después formularé mi propuesta sobre el origen emergente del lenguaje y sobre el tipo de causas no selectivas que han podido causarlo. Cerraré la charla con un breve conclusión en la que trataré de justificar que, pese a su aparente heterodoxia, la propuesta no puede realmente ser calificada como un aproximación anti-darwinista al problema de los orígenes evolutivos del lenguaje.

¿Desciende el lenguaje del hombre del lenguaje de los monos?

Como señalé, existen dos tipos de explicaciones fundamentales sobre los orígenes evolutivos del lenguaje basadas en la idea darwiniana del descenso con modificación: el primero relaciona el lenguaje con los sistemas de comunicación de otros primates y, a través de éstos, con un sistema de comunicación ancestral del que todos ellos serían descendientes; el segundo relaciona el lenguaje con los sistemas de comunicación de otros homínidos (a los que Pinker denomina “lenguajes intermedios”) y, a través de éstos, con un sistema lingüístico ancestral descendiente de una capacidad mental inexistente entre los restantes primates. Pero además de la tesis concretamente defendida por estos posicionamientos teóricos, cada uno de ellos se caracteriza por el tipo de argumentos en que habitualmente basa su defensa: mientras que el primero la basa en argumentos de tipo eminentemente empírico (la datación de formas incipientes de comunicación combinatoria entre los primates no humanos), el segundo la basa

fundamentalmente en argumentos de plausibilidad. Comenzaré mi discusión comentando el segundo punto de vista que, como ya he apuntado, cuenta con Steven Pinker como su más destacado y apasionado representante.

Pinker considera, en esencia, que la facultad del lenguaje puede sencillamente haber evolucionado a partir de un sistema mental inexistente con anterioridad a la separación de las líneas evolutivas que han dado lugar al chimpancé, por una parte, y al humano, por otra. Entiende, además, que en los más de cinco millones de años que han transcurrido desde entonces pasaron entre 200 y 300 mil generaciones hasta llegar a los humanos modernos, que desde su punto de vista pueden haber sido suficientes para que el lenguaje evolucionase gradualmente hasta llegar a ser como hoy es (Pinker & Bloom 1990: 484-485 y Pinker 2003: 25). Piensa, por tanto, que los debates en torno a la continuidad del lenguaje con relación a las formas de comunicación de los restantes primates no tienen en realidad la importancia que se les ha venido concediendo en las últimas décadas. La tesis de Pinker es, pues, la de que el lenguaje es una forma de comunicación discontinua con relación a cualquier otra forma de comunicación animal, pero continua dentro de la línea de evolución homínida.

El principal problema a que a mi juicio se enfrenta la posición de Pinker es que no tiene nada que alegar con relación al sistema mental a partir del cual pueda haber evolucionado el lenguaje, salvo que, como él mismo dice, “no puede haber surgido de la noche a la mañana” (Pinker & Bloom 1990: 484). Se defiende, no obstante, diciendo que:

“no existe ninguna ley en biología que diga que los científicos se encuentran bendecidos con la buena fortuna de ser capaces de encontrar antecedentes evolutivos para cualquier estructura moderna en alguna otra especie viva.” (Pinker & Bloom 1990: 484)

Lo cierto es que, tras esta inocente declaración, se enconde el peor rostro del ultra-darwinismo contemporáneo. Una estrategia clásica del ultra-darwinismo consiste, efectivamente, en alegar que una laguna en la explicación siempre se deberá a algún tipo de deficiencia en el registro observado (recurso hasta cierto punto justificable cuando, además, se trata de fósiles que sólo informan muy indirectamente sobre la capacidad cuya explicación evolutiva se está tatando de ofrecer) y jamás a la posible inadecuación de la explicación al caso tratado. La razón es simple: para el ultra-darwinismo no hay alternativa al modelo de explicación gradualista de descenso con

modificación. O mejor dicho, la hay, pero no es científica: la tesis de la creación especial, es decir, la intervención directa de la mano de Dios.

Pinker estima, en definitiva, que para dilucidar los orígenes evolutivos del lenguaje no resulta pertinente trazar ninguna línea de continuidad con relación a cualquier otra forma de comunicación animal. Resulta importante, en cambio, poder relacionarlo con formas lingüísticas intermedias de las que hayan podido ser portadores otras especies de homínidos extintas (australopitecos, habilis, erectus o sapiens arcaicos). Y puesto que el registro fósil, sea el de tipo morfológico o el de tipo arqueológico, no puede aportar indicios sobre las características de los sistemas de comunicación de tales especies (véase Ayala & Cela Conde 2006: 30), Pinker considera que la cuestión puede resolverse con un simple argumento de plausibilidad. En su opinión, el hecho de que sean fácilmente concebibles formas de comunicación con características intermedias con relación al lenguaje (manejo de menos símbolos, reglas sintácticas menos variadas, más simples o de aplicación no sistemática, etc.) y el hecho añadido de poder incluso alegar la existencia de algunas de ellas (los pidgins, el lenguaje infantil anterior a la explosión gramatical, etc.) bastan para dar crédito a la existencia de formas lingüísticas intermedias entre los homínidos (Pinker 1994: 402).

Sin embargo, la plausibilidad del argumento acaso no sea tanta como pretende Pinker: los pidgins no se convierten gradualmente en lenguas criollas en el curso de unas cuantas generaciones y el lenguaje telegráfico de los niños no se aproxima gradualmente, mes a mes, al lenguaje propiamente sintactizado de los adultos. En ambos casos lo que realmente se produce es la irrupción, relativamente brusca, de un nuevo modo de comunicación que desborda en todos los sentidos las propiedades formales del que le antecede en el tiempo. No vale la pena ir más allá en mi crítica a los planteamientos de Pinker (véase Lorenzo 2006: 72-74), salvo para subrayar una cuestión de principio: plantear la posibilidad de que el lenguaje (o cualquier otro rasgo biológico) haya podido evolucionar de otro modo que a través del mecanismo gradualista clásico de descenso con modificación no significa volver al milagro ni nos deja en una posición en la que ninguna otra explicación racional resulta posible, como trataré de defender a lo largo de esta exposición.

Debo reconocer que considero mucho más serios que los de Pinker los argumentos de algunos primatólogos, basados en observaciones de campo y experimentos controlados, en favor de la idea de que el lenguaje pueda descender de

una capacidad de tipo comunicativo asimismo heredada, aunque modificada en mayor o menor medida, por las restantes especies de primates. En esta línea, son muchísimos los trabajos que han tratado de documentar las indudables dotes simbólicas de todas estas especies y más escasos, en cambio, los que han intentado documentar dotes de tipo combinatorio que pudieran ser razonablemente interpretadas como precursoras de las sintaxis lingüística. Antes de pasar a discutir algunos de estos trabajos, me gustaría aclarar por adelantado mi postura sobre la cuestión de si el lenguaje puede razonablemente ser visto como una capacidad homóloga a las observadas en otros primates, lo que además explica la selección de los estudios que comentaré a continuación:

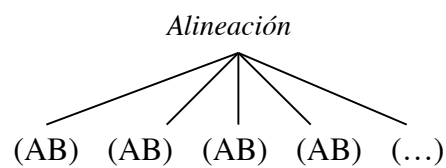
1. Aunque efectivamente encontramos capacidades combinatorias de algún interés con relación a la cuestión del lenguaje en algunas especies de primates, lo realmente interesante es que no parecen usarlas para la combinación de símbolos. El lenguaje implica, pues, la conexión en algún punto de la evolución de la especie humana de la capacidad para referir simbólicamente y de la capacidad para procesar combinaciones, de ninguna de las cuales puede decirse que sea realmente un descendiente modificado.

2. Además, la capacidad simbólica y la capacidad combinatoria que encontramos asociadas en el lenguaje son sustancialmente diferentes de las que encontramos, aunque disociadas, en otras especies de primates. Defenderé más adelante que su evolución en la especie humana se debió al mismo tipo de causa que asimismo dio asimismo lugar a su asociación en una capacidad integrada.

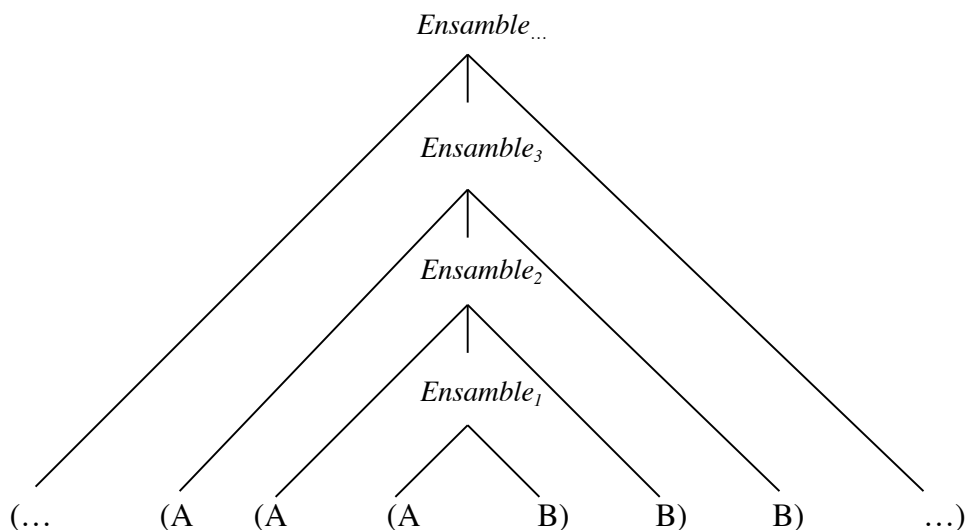
Con relación a todo lo anterior, considero especialmente interesante una serie de experimentos realizados no hace mucho por Tecumseh Fitch y Marc Hauser (2004) para tratar de establecer el tipo de capacidad para el procesamiento estímulos secuenciales de que pueden ser capaces los monos tamarinos (*Saguinus oedipus*; una especie de mono del Nuevo Mundo). El resultado de esos experimentos es que estos monos no encuentran grandes dificultades para discriminar secuencias de varias repeticiones de un patrón (ABn) consistente en una sílaba tomada de un primer inventario de ocho sílabas (A) seguida de otra sílaba tomada de un segundo inventario de ocho sílabas diferentes (B) de otras secuencias que se desvíen de ese patrón. Encuentran en cambio dificultades insuperables para discriminar una secuencia consistente en un determinado número sílabas tomadas del primer inventario seguida de otras tantas sílabas tomadas del

segundo inventario (A_nB_n) de otras secuencias que se desvíen de ese patrón. Lo interesante es que mientras que la sensibilidad al primer tipo de secuencia puede atribuirse al manejo de un procedimiento mental que sencillamente atiende a la sucesión lineal de los estímulos (voy a llamarlo *Alineación*; Fitch & Hauser hablan de una «Gramática de Estados Finitos»), el segundo exige el manejo de un procedimiento que atienda a su organización jerárquica (que voy a llamar *Ensamble*; Fitch & Hauser hablan de una «Gramática de Estructura de Frase»). Podemos captar este contraste del siguiente modo:

(1)



(2)



Es importante apreciar, además, que el primero de estos recursos computacionales (*Alineación*) exige un memoria de trabajo muy simple, con una “ventana de resolución” en la que tan sólo resulta necesario mantener activo el par anteriormente alineado para proceder a una nueva aplicación del procedimiento. No olvidemos que la tarea exige únicamente captar la identidad de cada nuevo par de estímulos con relación al anterior. En cambio, el segundo de estos recursos (*Ensamble*) reclama una memoria de trabajo bastante más compleja, con una ventana de resolución que debe mantener activo el resultado de todas la aplicaciones anteriores del procedimiento para poder llevar a cabo una nueva aplicación.

El interés que, desde mi punto de vista, tienen estas observaciones es doble:

1. Por una parte, atribuir a estos monos la capacidad de procesar estímulos mediante un sistema simplemente alineador no implica realmente establecer una brecha insalvable con relación al sistema jerarquizador del que indudablemente hacemos uso los humanos en el procesamiento lingüístico (aunque las intenciones de Fitch & Hauser vayan realmente en esa dirección). Si pensamos en términos de la memoria de trabajo requerida por cada uno de estos sistemas de procesamiento, resulta que el salto del primero al segundo podría ser una simple cuestión de “apertura” de la ventana de resolución necesaria para procesar los cómputos propios de cada uno de ellos. No es improbable, por tanto, que estemos apuntando a un verdadero precursor de la facultad lingüística humana.

2. Por otra parte, los resultados de Fitch y Hauser dan pie a plantear una pregunta del máximo interés: ¿existe alguna especie de mono de la que pueda razonablemente decirse que hace uso de este sistema de procesamiento lineal en la comunicación simbólica?

Los datos disponibles apuntan a que no, aunque Kate Arnold y Klaus Zuberbühler (2006a) han realizado algunas observaciones dignas de consideración al respecto en sus trabajos de campo con monos de nariz blanca (*Cercopithecus nictitans*; una especie de mono del Viejo Mundo). Como muchas otras especies de monos cercopitecos (véase Cheney & Seyfarth 1990: capítulos 4 y 5), los de nariz blanca disponen de varios chillidos que sirven para alertar sobre la proximidad de diferentes tipos de depredadores. Disponen, por ejemplo, de un chillido que habitualmente se ha asociado con la aparición de leopardos (L) y otro diferente que se ha asociado con la aparición de águilas (A), la emisión de los cuales provoca la estampida instantánea del grupo. Lo que Arnold y Zuberbühler han documentado además es que en ciertas ocasiones, en las que puede hacer su aparición tanto un leopardo como un águila, estos monos emiten secuencias en las que se suceden, mezcladas con otras vocalizaciones, uno, dos o tres chillidos del primer tipo seguidos de hasta cuatro chillidos del segundo tipo (LA), en cuyo caso el grupo huye a una mayor distancia de lo habitual. El argumento de Arnold y Zuberbühler es que el hecho de que la señal de tipo LA instigue un tipo de respuesta diferenciada a las de las señales de tipo L y a las de tipo A se debe a que estos monos “comprenden” la semántica asociada a la (proto)sintaxis subyacente a la primera, cuya emisión y captación implicaría, por cierto, un procedimiento de alineación bastante sencillo: se forma una primera secuencia de

vocalizaciones de un tipo y en un determinado punto se empieza a formar una secuencia de vocalizaciones del segundo tipo, sin otro tipo de restricción que no sea esta transición local de uno a otro tipo de vocalización. Ahora bien, ¿utilizan realmente los monos de nariz blanca este procedimiento de alineación en la combinación de símbolos?

La respuesta nos la ofrecen, un tanto inesperadamente, los propios Arnold y Zuberbühler, que en un segundo trabajo publicado en el mismo año 2006 concluyen que las vocalizaciones de los monos de nariz blanca no tienen individualmente un valor simbólico asociado. Pese a la suposición original, inspirada por el análisis de los chillidos de otras especies de cercopitecos, de que cada una de sus señales se emplea selectivamente según se presente un leopardo o un águila, Arnold y Zuberbühler (2006b) han verificado que la aparición de cualquiera de estos depredadores puede instigar la emisión de secuencias de cualquiera de las dos vocalizaciones (L o A), en ocasiones entremezcladas con emisiones de la vocalización mixta (LA). Así pues, aunque concedamos que estos monos pueden extraer información del conjunto de la secuencia de chillidos, como defienden Arnold y Zuberbühler, lo cierto es que no parecen estar realmente utilizando el procedimiento de alineación para secuenciar símbolos.

El caso de los monos de nariz blanca no nos sitúa, por tanto, ante un sistema de comunicación basado en la combinación de símbolos. No podemos por ello considerarlo un verdadero homólogo al lenguaje ni entender que realmente respalda la existencia de un sistema ancestral de comunicación en el que las principales características del lenguaje se encontrarían ya dadas en un estado muy incipiente de evolución.

¿Qué es una emergencia biológica?

Confío en que la discusión precedente sobre las dificultades a las que se enfrentan las aproximaciones sobre los orígenes evolutivos del lenguaje basadas en el mecanismo de descenso con modificación haya servido para justificar la oportunidad de explorar otras propuestas basadas en mecanismos de evolución alterativos. El que desarrollaré en esta exposición lo basaré fundamentalmente en la noción de “emergencia biológica” desarrollada con todo detalle por Robert G.B. Reid (2007). En una de las definiciones generales de la noción que formula en la obra, Reid señala que una emergencia es “una innovación espontánea que surge de unas determinadas condiciones generativas” (Reid 2007: 426). Al presentarlas como “innovaciones”, nos

da a entender que las emergencias implican la introducción de estructuras biológicas sin equivalente conocido en un determinado punto de la evolución de la vida sobre la tierra; al calificarlas como “espontáneas”, plantea que pueden hacer su aparición de manera (cuasi) instantánea o, al menos, (relativamente) rápida; y al relacionarlas con unas determinadas “condiciones generativas”, que como veremos pueden ser de diferente tipo, relativiza o anula el peso que hayan podido tener en su conformación factores de carácter adaptativo dictadas por el entorno. Es importante valorar debidamente cada uno de estos extremos, porque chocan con la lógica evolutiva comúnmente aceptada por las facciones más ortodoxas del darwinismo (contrastan, por ejemplo, con el empeño de Maynard Smith & Szathmáry 1995 y 1999 por acomodar a la lógica darwinista más estricta las principales innovaciones o “hitos” en la historia de la vida en la tierra, desde la propia aparición de la vida hasta la aparición del lenguaje). Interesa no obstante precisar que un modelo emergentista como el de Reid no elimina el mecanismo evolutivo de la “selección natural”, sino que le atribuye un papel complementario al de los “experimentos naturales” que, en sus propias palabras, dan lugar a las emergencias. Convendrá también aclararlo.

Reid parte de un supuesto evidente: la aparición de las primeras formas de vida sobre la tierra tuvo lugar al margen de las condiciones dictadas por la selección natural, (es decir, por la competencia entre organismos que rivalizan por subsistir en un mismo ambiente). Esto significa que es necesario conceder la existencia de principios generativos sobre lo orgánico diferentes a la selección natural y que es razonable suponer que su actuación pueda hacerse extensible a otros episodios cruciales de la historia de la vida en la tierra. Para Reid, este tipo de emergencias que recurrentemente modifican los patrones en que la vida se manifiesta pueden producirse en tres ámbitos fundamentales (y de forma no necesariamente excluyente):

1. la asociación de formas orgánicas en principio independientes, o *simbiosis*, capaz de dar lugar bien a relaciones de interdependencia estables *sine qua non* para la subsistencia de cada uno de los asociados (o *simbiontes*), bien a nuevas formas orgánicas con patrones de desarrollo pautados por un genoma compartido;

2. la alteración repentina de los sistemas fisiológicos reguladores de la estabilidad interna y de las dinámicas que un organismo mantiene con el ambiente; y

3. la modificación de las pautas reguladoras del desarrollo orgánico, capaces de traer consigo modelos morfológicos y comportamentales cualitativamente diferenciados con relación a los organismos sin embargo pertenecientes a un mismo linaje evolutivo.

Tal vez el ejemplo mejor conocido (y menos cuestionado) de un experimento natural capaz de dar lugar a un salto cualitativo fundamental en la evolución del mundo orgánico lo represente la aparición de la célula eucariota (o nucleada), tal cual pudo ser explicada hace unas décadas por Lynn Margulis (1970; para una presentación menos técnica y más actualizada puede consultarse Margulis 2000 y las partes primera y segunda de Margulis 2003). Margulis pudo demostrar más allá de cualquier duda razonable que los diferentes elementos que componen una célula nucleada proceden de organismos no nucleados originalmente independientes. Así, el “citoplasma” o ambiente celular procede de los llamados “thermoplastas”, que proporcionaron una especie de burbuja viscosa resistente al calor y los ácidos, las “mitocondrias” respiradoras y los “plastos” fotosintéticos proceden, respectivamente, de los “paracocos” y las “cicobacterias”, que propiciaron fuentes de aprovisionamiento de energía, y el “undulipodio” propulsor procede de las “espiroquetas”, que dotaron de movilidad al conjunto. Un ejemplo como éste nos permite apreciar con bastante claridad que la configuración evolutiva de un organismo puede tener lugar sobre la base de unas reglas de juego que poco tienen que ver con las de la selección natural:

- en primer lugar, la concurrencia de diferentes organismos en un determinado ambiente y momento no se resuelve con la competencia entre todos ellos y la prevalencia del mejor adaptado;

- en segundo lugar, el resultado del proceso evolutivo es un organismo que no puede calificarse como “descendiente modificado” de ninguno de los organismos originarios y sí como un organismo cualitativamente diferenciado con relación a cualquiera de ellos;

- por último, la asociación puede servir para situar al nuevo organismo en un ambiente en que los procesos conducentes a su estabilización (por ejemplo, mediante el intercambio y unificación de material genético) tienen lugar al margen del tipo de competencia propio de la selección natural.

De modo semejante, un cambio fisiológico puede permitir a un organismo desplazarse del ambiente por cuyos recursos compite con otros organismos (de su misma o diferente especie) y ocupar otro libre de competencias. Reid estima que este

tipo de ambientes, al liberar al organismo de las presiones que lo obligaban a adaptarse del modo más eficaz posible a su ambiente original, tiene el efecto liberador requerido para el desarrollo de características innovadoras. Es en este sentido en el que Reid afirma que la “selección natural” es, en realidad, un freno para la evolución, al que relaciona con los largos períodos de “estasis” en que las especies sólo modifican muy lentamente sus características morfológicas y comportamentales, siguiendo líneas muy conservadoras determinadas por su fuerte dependencia con relación a un determinado tipo de medio. El papel que Reid atribuye a la selección natural es el de un “estabilizador demográfico” que simplemente ajusta a los nuevos ambientes las innovaciones desarrolladas por los organismos que previamente han escapado a sus rigores una vez que se muestran viables en un nuevo ambiente (el planteamiento difiere parcialmente de otros por lo demás muy afines en lo que toca a la relativización del carácter creativo de la selección natural, como el de Brian Goodwin, que se refiere a ésta como “un filtro contra los fiascos” producidos por las fuerzas generativas realmente capaces de introducir novedades en el mundo orgánico; véase Goodwin 1994: 193). Por tanto, la selección natural no es, desde este punto de vista, el principio capaz de explicar la creatividad orgánica, sino más bien un contrapeso a los experimentos naturales realmente capaces de explicar la aparición de novedades en el mundo orgánico.

También en relación con lo anterior, Reid considera que las emergencias biológicas tampoco pueden relacionarse con la selección natural porque los diseños biológicos emergentes no son “adaptaciones” a las condiciones ambientales en que el organismo debe sobrevivir. Reid destaca que las emergencias biológicas, lejos de manifestar la estricta especialización funcional propia de las adaptaciones y la consecuente dependencia con relación al ambiente que ocupan, se caracterizan por su “multifuncionalidad” o “adaptabilidad”, una cualidad “inherente” a este tipo de diseños que dota a sus portadores de ventajas en ambientes cambiantes, puede capacitarlos para ocupar nuevos ambientes o, más sencillamente, permitir que habiten alternativamente en ambientes diferentes. En palabras del propio Reid:

“La mayoría de los sistemas emergentes tienen múltiples funciones, algunas de las cuales pueden conferir mayor competitividad. Otras pueden incrementar posteriormente la habilidad del organismo para sobrevivir en ambientes cambiantes. Son una mezcla de cualidades que ya existían antes de la emergencia o que cobran existencia con la emergencia —no adaptaciones *post hoc* al ambiente. Estaban allí

desde el inicio, inadvertidas por la selección natural (es decir, sin tener efectos diferenciales en las tasas de supervivencia y reproducción), y por eso despreciadas por los neo-darwinistas que sólo están a la caza de las adaptaciones clave que para ellos representan «la explicación».” (Reid 2007: 147-148)

Todo lo anterior puede ser fácilmente puesto en relación con la multifuncionalidad propia del lenguaje humano, en marcado contraste con los restantes sistemas de comunicación animal (“puramente funcionales y ligados al estímulo”, en palabras de Chomsky 1966: 30), y considerado como un indicio favorable a su consideración como una emergencia biológica. Volveré a ello más adelante.

Hasta aquí no he dicho nada al respecto de las innovaciones evolutivas relacionadas con alteraciones en las pautas del desarrollo de un organismo (o *emergencias epigenéticas*). Merecen una sección aparte porque la principal tesis de esta exposición es precisamente la de que el lenguaje es una emergencia biológica resultante de la alteración del patrón de desarrollo cerebral en la evolución de la especie humana. Me propongo, pues, razonar cómo algo así pudo traer consigo la aparición de un tipo de capacidad desconocida entre especies con cerebros por lo demás muy semejantes al humano.

El lenguaje como emergencia epigenética de punto crítico.

En la sección anterior expuse que, de acuerdo con el planteamiento de Robert Reid (2007), el origen de las emergencias biológicas puede encontrarse en la asociación de organismos pre-existentes, en alteraciones fisiológicas o en modificaciones de las pautas del desarrollo orgánico. En esta sección trataré de justificar la aparición del lenguaje como resultado de la alteración de las pautas de desarrollo (o epigenéticas) de un organismo pre-lingüístico. Esta alteración habría traído como consecuencias, por un lado, un incremento de la eficiencia en la ejecución de ciertas tareas y en la complejidad de ciertas capacidades cuyos precursores pueden encontrarse en otras especies y, por otro lado, su puesta en contacto en un sistema unificado desconocido sin embargo en cualquier otra especie animal. La tesis fundamental de este trabajo es que el lenguaje no puede considerarse un descendiente modificado de ninguna de aquellas habilidades, sino un resultado emergente de los niveles de conectividad neuronal alcanzada en determinados puntos críticos de la evolución del cerebro humano. Para desarrollarla necesitaré comenzar esta sección introduciendo dos juegos de nociones clave en el

estudio de los procesos de evolución relacionados con el desarrollo: el primero lo componen los conceptos de “heterocronía” y “alometría” (véase, por ejemplo, Gould 1977; Futuyma 2005: 56-59 los explica clara y concisamente); el segundo, los de “saltación” y “punto crítico” (véase Reid 2007).

Heterocronía es el término habitualmente utilizado para hacer referencia a los cambios evolutivos en la cronología o en el ritmo de los procesos de crecimiento o desarrollo individual. Es habitual, además, diferenciar entre los procesos de heterocronía que dan lugar a que el individuo alcance la madurez con una morfología “juvenilizada” o propia de las fases más tempranas del desarrollo (“pedomorfosis”) y aquellos otros en que tiene lugar un prolongamiento de la maduración del individuo, dando lugar al “hiper-desarrollo” de algunas de sus características morfológicas (“peramorfosis”) (sobre estos conceptos, véase McKinney 2000). El tamaño particularmente grande del cerebro humano, por ejemplo, ha sido puesto en relación con la extensión del período de crecimiento propio de nuestra especie, por tanto, como un caso de peramorfosis (McNamara 1997).

Alometría, por su parte, es el término habitualmente utilizado para denominar las tasas o ritmos de crecimiento diferencial o relativo entre determinadas partes o dimensiones de un organismo. Durante el crecimiento humano, por ejemplo, las piernas crecen a un ritmo más rápido que el conjunto del cuerpo, mientras que la cabeza lo hace a un ritmo más lento. La evolución de un organismo, lógicamente, puede implicar cambios en la relación alométrica (“positiva” o “negativa”) entre determinadas estructuras con relación a la de las estructuras homólogas de otros organismos, lo que se conoce como “heterocronía local” (por oposición a la pedomorfosis y a la peramorfosis “generales”).

Teniendo en cuenta todos estos conceptos, formularé del siguiente modo la más básicas de las condiciones generativas que, desde mi punto de vista, han podido incidir en la aparición del lenguaje humano como una emergencia biológica:

1. El tamaño del cerebro sigue en la evolución humana, relativamente al del resto del cuerpo, una trayectoria alométrica de tipo positivo. En un marco de peramorfosis generalizada, esta heterocronía local da lugar a una exageración o hiper-desarrollo del rasgo con relación al de otras especies próximas.

Michael McKinney (2000) ha propuesto, concretamente, que el tipo de crecimiento propio del cerebro humano podría haberse debido a la alteración en la

expresión de un gen homeótico que da lugar a una prolongación en la producción de neurocitoblastos en el embrión (durante unos veinticinco días más que en el caso de otros primates), alteración que habría determinado que el punto de partida en el crecimiento del cerebro humano se encuentre más desarrollado que en el caso de otras especies. Para McKinney, este factor sería a su vez el determinante de que el crecimiento dendrítico del cortex cerebral se prolongue durante más tiempo (a lo largo de algo más de veinte años), que la mielinización persista hasta los doce años (frente a los tres y medio en algunas especies de monos) o que los máximos de complejidad dendrítica se alcance y empiece a declinar más tardíamente (en torno a los dos años). Pero el desarrollo peramórfico del cerebro humano podría guardar relación con algo más que con un punto de partida excepcional, ya que recientemente han sido identificadas numerosas proteínas implicadas en el tamaño y complejidad cerebrales, cuyos genes subyacentes parecen haber estado sometidos a un proceso de evolución acelerada en la línea evolutiva que conduce a los humanos (Dorus et al. 2004; véase además la abundante información aportada en Benítez Burraco 2007). Sea como sea, lo que parece en cualquier caso claro es que no nos faltan coartadas moleculares que justifiquen lo que a todas luces es un hecho: la excepcionalidad, en términos estrictamente cuantitativos, del “hiper-cerebro” humano.

Pasando ahora al segundo juego de conceptos anunciado arriba, Reid establece una distinción básica entre (1) aquellos casos en que la concurrencia de un conjunto de condiciones generativas dan súbitamente lugar a un diseño biológico cualitativamente diferente al de cualquier otra estructura pre-existente (como el de la emergencia de la célula nucleada) y (2) aquellos otros en que la novedad tiene lugar en un punto determinado dentro de una serie continua de modificaciones. En su propia terminología, el primer tipo de casos son “emergencias saltacionistas” y el segundo “emergencias de punto crítico”. Dotados de esta distinción conceptual, formularé como sigue un segundo aspecto del proceso evolutivo emergente que da lugar al lenguaje:

2. El lenguaje emerge en un punto crítico del hiper-desarrollo cerebral humano.

Obviamente, la evolución de un “hiper-cerebro” no se plantea aquí como una condición suficiente para la evolución del lenguaje, sino más bien como un factor desencadenante necesario, porque la explicación última de esta emergencia habrá que encontrarla en las capacidades ya presentes en los estadios evolutivos inmediatamente

anteriores al punto crítico. En este sentido, las propuestas que voy a plantear muy sucintamente son tres:

1. Sugiero, en primer lugar, que *Ensamble* (es decir, la operación mental que nos permite combinar dos elementos, etiquetar la combinación y mantenerla activa en una memoria de trabajo para poder utilizarla como uno de los elementos sometibles de nuevo a la misma operación; véase Berwick 1998) es el procedimiento combinatorio que desplazó a *Alineación* en el momento en que la conectividad cerebral permitió unas tasas de activación de la memoria de trabajo adecuadas para soportar el tipo de cómputos en que descansa aquella operación. Las bases de la sintaxis lingüística, cuyo ejercicio no podría soportar nada semejante a *Alineación*, serían efectivamente así un resultado emergente de un determinado estadio de complejidad cerebral y no una versión modificada de un sistema de comunicación ancestral a través de una serie de estadios intermedios.

Debe quedar claro, en cualquier caso, que *Ensamble* no puede identificarse sin más con la sintaxis lingüística. Representa, desde el punto de vista que trato de defender, el recurso fundamental del sistema computacional del que hace uso la sintaxis y, por ello, una condición *sine qua non* para su desarrollo, pero en todo caso no una operación específicamente o en sí misma lingüística. Chomsky, por ejemplo, ha defendido en sus últimos trabajos (Chomsky 2004: 7, 2005: 3 y forthcoming: 7) que se trata de un recurso de los sistemas de pensamiento empleado originalmente para la computación de representaciones internas y sólo con posterioridad conectado con los sistemas senso-motrices y útil a partir de ese momento para la combinación de símbolos exteriorizables. Expresado de otro modo, *Ensamble* no se convirtió en una operación sintáctica propiamente dicha hasta que el Sistema Computacional del que es recurso fundamental pasó a estar asociado a un Léxico, dando así lugar a la dualidad que debemos considerar definitoria de los modernos sistemas de comunicación lingüística.

2. De la misma manera que no podemos decir que *Ensamble* sea el simple resultado de un proceso de evolución gradual a partir de una operación más elemental como *Alineación*, tampoco parece correcto confiar en que el tipo de inventario léxico propio de los sistemas de comunicación lingüística pueda ser el resultado de un proceso de evolución gradual a partir de un tipo de vocalizaciones proto-simbólicas como el que podemos hoy observar entre los antropoides no humanos, empezando por las señales de alarma de los monos cercopitecos (*vid. supra*). La principal razón que obliga a pensar

que entre tales vocalizaciones y las piezas que componen un léxico hay un verdadero salto cualitativo tiene que ver con el carácter estrictamente referencial y ligado al comportamiento de las primeras (cada una de ellas hace referencia a un elemento muy específico del entorno y se asocia a una forma de conducta en particular), frente al carácter en gran medida auto-referencial de las segundas (su contenido remite al de otras muchas, de modo que propiamente hablando refieren a un concepto que puede en muchos casos estar por completo desconectado del entorno; véase al respecto, Noble & Davidson 1996, Deacon 1997, Arcadi 2000, Hauser, Chomsky & Fitch 2002, Longa 2004 y Pinker & Jackendoff 2005). Lo interesante es que esta auto-referencialidad consustancial a los inventarios léxicos podría también explicarse como un efecto más de la conectividad alcanzada en un determinado punto de la evolución cerebral, acaso, aunque no necesariamente, el mismo en que tuvo lugar la aparición de *Ensamble*.

3. Finalmente, la conexión entre, de un lado, un procesador originalmente usado en cálculos mentales de tipo no lingüístico (acaso relacionados con la orientación espacial o las relaciones sociales, de acuerdo con las sugerencias de Hauser, Chomsky & Fitch 2002, acaso con la inteligencia técnica) y, de otro lado, un inventario de símbolos auto-referenciales (acaso relacionados con la representación del medio natural pero también de las creencias sobrenaturales de los primeros humanos), es tal vez el aspecto de todo este proceso que más fácilmente pueda ser entendido como efecto de un incremento de la conectividad cerebral y la consiguiente puesta en contacto de capacidades hasta entonces independientes (véase Mithen 1996).

De todo lo anterior se sigue, en fin, que lenguaje no sería el descendiente modificado de un sistema de comunicación ancestral, ni tampoco de ninguna de las capacidades mentales a las que he hecho referencia, sino el resultado emergente de su incorporación en un tipo de sistema (un “sistema de sistemas”, en palabras de Balari 2006) hasta ese momento desconocido.

Me gustaría cerrar este apartado con algunos comentarios finales sobre el modelo de evolución con que estoy intentando relacionar el lenguaje y sobre ciertos datos de tipo paleoantropológico que creo que le dan apoyo y sirven además para datarlo en una fecha coincidente con la de la aparición de los humanos anatómicamente modernos.

En primer lugar, del modelo que he elaborado se sigue que el lenguaje no habría evolucionado gradualmente como una adaptación para el ejercicio de algún tipo de

función ventajosa, capaz de incrementar las tasas reproductivas de los primeros hablantes, sino como un efecto lateral de la modificación de la pauta del desarrollo cerebral en los humanos (véase Balari 2006). Se podría discutir, naturalmente, si la trayectoria alométrica por la que ha transcurrido la evolución del cerebro o el desplazamiento peramórfico del patrón general del desarrollo humano son o no adaptaciones. Si hacemos caso a Reid (2007: ch. 7) podrían no serlo, pues considera que este tipo de procesos de evolución direccional pueden obedecer a dinámicas internas no controladas ambientalmente (u “ortogenéticas”; un concepto muy desprestigiado en la biología evolutiva contemporánea, pero cuya legitimidad Reid reivindica) que pueden incluso acabar por dar lugar a diseños morfológicos desventajosos en un determinado punto de la progresión. No voy a pronunciarme aquí sobre el caso particular de la evolución del cerebro humano. Lo que está claro, en cualquier caso, es que si suponemos que el lenguaje es una emergencia de punto crítico, los estadios de evolución cerebral anteriores a este punto no podrán ser puestos en relación, lógicamente, con una evolución gradual del lenguaje sujeta a factores de presión selectiva, pues, para comenzar, no podrá decirse que haya existido nada realmente semejante al lenguaje (ni, por tanto, un antecedente del que pudieramos considerarlo descendiente) antes de alcanzarse el punto crítico.

Creo, además, que el punto de vista que he desarrollado nos permite especular, en consonancia con el concepto de “adaptabilidad” de Reid (*vid. supra*), que los primeros hablantes pudieron ser individuos más bien “inadaptados” a las formas de vida social propias de los grupos humanos en que aparecieron, lo que pudo actuar como un factor de marginación y de exclusión. Nos permite asimismo sostener que esto pudo acaso determinar la segregación de estos individuos excepcionales, lo que a su vez pudo servir para establecer las bases de lo que se conoce como “efecto fundador” (Mayr 1963; véase también Reid 2007: 51), el cual tiene lugar cuando una pequeña población coloniza un nuevo nicho ecológico (y cognitivo, podríamos añadir aquí siguiendo a Pinker 2003) en el que puede sacar provecho de capacidades en cambio desventajosas en el nicho que acaba de abandonar. Si algo así tiene lugar, la población en cuestión podrá desarrollar nuevas capacidades al margen del tipo de presiones selectivas de las que se ha liberado, capacidades que además podrán extenderse muy fácilmente en el conjunto de una población poco numerosa. Entiendo que algo así pudo incidir en la rápida estabilización y robustecimiento de las capacidades lingüísticas aparecidas dentro

de una pequeña población fundadora. De este modo, y contra la lógica adaptacionista, podríamos llegar a concluir que el carácter no adaptativo del lenguaje en el ambiente social en que tuvo lugar su emergencia pudo influir decisivamente en su historia evolutiva.

Todas estas consideraciones permiten además establecer una interesante conexión entre el modelo de evolución del lenguaje que he propuesto y los datos paleogenéticos conocidos desde hace unos años sobre las mutaciones humanas del gen FOXP2 (Enard et al. 2002), que sabemos incuestionablemente relacionado con el desarrollo de nuestras capacidades lingüísticas. Se estima que tales mutaciones característicamente humanas del gen FOXP2 tuvieron lugar en una fecha “concomitante o subsiguiente” a la de la aparición del hombre anatómicamente moderno, hace no más de 200 mil años, aunque probablemente hace unos 125 mil. Pero, además, mediante el estudio de la diversidad intraespecífica de las bases que componen el gen los autores de la datación han concluido que tales mutaciones debieron ir seguidas de una importante explosión demográfica (véase también Wall y Przeworski 2000), probablemente relacionable con la rápida dispersión intercontinental de los humanos modernos, que tuvo lugar según todos los indicios hace unos 80 mil años (Oppenheimer 2003). Todo ello es efectivamente coherente con lo apuntado arriba: las mutaciones pudieron tener lugar y difundirse rápidamente en una pequeña población fundadora que sólo explotó demográficamente después de “descubrir” (o que “quedaran al descubierto”) las ventajas del rasgo biológico del que era excepcionalmente portadora.

No hay que olvidar, por otra parte, que el gen FOXP2 se expresa en el desarrollo del circuito cerebral (compuesto por estructuras corticales frontales y parietales, los ganglios basales y el cerebelo; véase Ferland & al. 2003, Lai & al. 2003 y Takahashi & al. 2003) del que precisamente se sirve el tipo de memoria de trabajo requerido para el tipo de computos secuenciales propios de un procesador como *Ensamble* (véase Ullman 2004; Lieberman 2006 para un punto de vista parcialmente discordante). Con todo, no quiero dar a entender que las mutaciones de FOXP2 de las que estoy hablando sean las responsables de la aparición del lenguaje. Mi idea es más bien que las mutaciones humanas de FOXP2 permitieron la estabilización demográfica y robustecimiento de un rasgo de todos modos determinado a manifestarse durante el desarrollo individual (es decir, epigenéticamente; véase Lorenzo & Longa 2003), para lo cual tan sólo fue necesario modificar mínimamente y “recanalizar” un factor

regulador ya presente en el acervo genético de la especie (Waddington 1957; véase Jablonka & Lamb 2005 y Longa 2006).

Por último, no conviene olvidar de que estamos hablando de mutaciones que anteceden en unas pocas decenas de miles de años no sólo a la explosión demográfica que dio lugar a la dispersión intercontinental de los humanos modernos (*vid. supra*) sino también de la explosión simbólica de la que aparentemente sólo ellos fueron capaces entre los homínidos, cuya datación está siendo revisada en los últimos años sobre la base del poco conocido hasta ahora registro arqueológico africano y a la que actualmente se concede unos 80 mil años de antigüedad (McBrearty & Brooks 2000). Creo que la tentación de relacionar causalmente todos estos episodios de los albores de la moderna humanidad (las mutaciones del FOXP2, la rápida dispersión intercontinental y la revolución técnica y artística asociada a la explosión simbólica) con la aparición del lenguaje como un rasgo emergente de una nueva mente humana se hace más fuerte que nunca (véase Lorenzo, en prensa).

A modo de conclusión: ¿por qué habríamos de temer al emergentismo?

No cabe duda de que la atribución de un origen emergente a ciertos sistemas biológicos choca con la ortodoxia ultra-darwinista que domina la filosofía de la biología contemporánea y sitúa al borde de la irracionalidad toda explicación que se aparte de las tesis continuista, gradualista y adaptacionista para explicar cualquier proceso evolutivo. Es cierto que Darwin consideró que tales principios, que conjuntamente definen el mecanismo de evolución mediante selección natural o sexual, debían encontrarse en la base de la mayor parte de los procesos evolutivos, pero también es cierto que aceptaba la posibilidad de que otros mecanismos pudieran asimismo actuar sobre la evolución de las especies (Darwin 1859: 55; véase Gould 1980: 45). En lo que se refiere al lenguaje, es verdad que Darwin lo comparó con las vocalizaciones cuasi-musicales de las aves y que defendió la idea de que pudiera ser el descendiente modificado de alguna forma de vocalización semejante propia de algún organismo ancestral no demasiado remoto, modelada gradualmente bajo el mecanismo de selección sexual, que garantiza las tasas reproductivas más altas a los más atractivos al sexo complementario. Con todo, pese a la defensa del lenguaje como un sistema evolutivamente emergente que he desarrollado en este trabajo y, por tanto, de la inaplicabilidad en su caso de los supuestos básicos del ultra-darwinismo, quisiera dar conclusión a estas páginas aclarando que, pese a la

brecha acaso insalvable entre uno y otro modelo de explicación, el adoptado aquí habría servido por igual y podría haber sido plenamente aceptado por Darwin con relación al motivo que le llevó a reflexionar sobre los orígenes evolutivos del lenguaje. Pues, en el fondo, lo que interesaba a Darwin no era demostrar que el lenguaje descendía de una forma de comunicación ancestral, sino que su singularidad en el contexto de la comunicación animal no ponía sin embargo en riesgo la idea de que la especie humana era descendiente de alguna otra especie ancestral: “Creemos que la facultad del lenguaje articulado —concluye Darwin su reflexión— no ofrece seria objeción a la hipótesis de que el hombre descienda de una forma anterior” (Darwin 1871: 96).

Pero la conclusión se sostiene perfectamente igual si entendemos que el lenguaje apareció súbita y no gradualmente, fruto de la convergencia de varias capacidades previa e independientemente evolucionadas y sin ninguna motivación práctica en particular. Por eso, no hay verdaderas razones por las que debamos temer una explicación emergentista del lenguaje, porque ni cuestiona que éste sea un producto más de la evolución natural de nuestra especie ni nos desconecta de ningún modo del resto del mundo orgánico.

Referencias

- Arnold, Kate, & Zuberbühler, Klaus (2006a). "Semantic combinations in primate calls". *Nature* 441, p. 303.
- Arnold, Kate, & Zuberbühler, Klaus (2006b). "The alarm-calling system of adult male putty-nosed monkeys, *Cercopithecus nictitans martini*". *Animal Behaviour* 72, pp. 643-653.
- Ayala, Francisco, & Cela Conde, Camilo J. (2006). *La piedra que se volvió palabra. Claves evolutivas de la humanidad*. Madrid: Alianza.
- Arcadi, Adam C. (2000). "Vocal responsiveness in male wild chimpanzees: implications for the evolution of language". *Journal of Human Evolution* 39, pp. 205-223.
- Balari, Sergio (2006). "Heterochronies in brain development and the origins of language. A coevolutionary scenario". In Joana Rosselló & Jesús Martín (eds.) *The biolinguistic turn. Issues on language and biology*. Barcelona: PPU.
- Benítez Burraco, Antonio (2007). *Genes del lenguaje: implicaciones ontogenéticas, filogenéticas y cognitivas*. Tesis doctoral inédita, Universidad de Oviedo.
- Berwick, Robert C. (1998). "Language evolution and the Minimalist Program: the origins of syntax". In J. Hurford, M. Studdert-Kennedy & C. Knight (eds.) *Approaches to the evolution of language. Social and cognitive bases*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 320-340.
- Bickerton, Derek (1990). *Lenguaje y especies*. Madrid: Alianza, 1994.
- Cheney, Dorothy L., & Seyfarth, Robert M. (1990). *How monkeys see the world. Inside the mind of another species*. Chicago: Chicago University Press.
- Chomsky, Noam (1966). *Lingüística cartesiana. Un capítulo de la historia del pensamiento racionalista*. Madrid: Gredos, 1969.
- Chomsky, Noam (1968). *El lenguaje y el entendimiento*. Barcelona: Seix Barral, 1971.
- Chomsky, Noam (2004). "Biolinguistics and the human capacity". Delivered at MTA, Budapest (May, 17).
- Chomsky, Noam (2005). "Three factors in language design". *Linguistic Inquiry* 36, pp. 1-22.

- Chomsky, Noam (forthcoming). "Some simple evo-devo theses: how true might they be for language?". In *Evolution of human language: the Morris Symposium*. Stony Brook (NY): SUNY.
- Darwin, Charles F. (1859). *El origen de las especies*. Madrid: Austral, 1988.
- Darwin, Charles F. (1871). *El origen del hombre y la selección en relación al sexo*. Madrid: Edaf, 1989.
- Deacon, Terrence (1997). *The symbolic species*. New York: W.W. Norton.
- Dorus, Steve, Vallender, Eric J., Evans, Patrick D., Anderson, Jeffrey R., Gilbert, Sandra L., Mahowald, Michael, Wyckoff, Gerald J., Malcom, Christine M., & Lahn, Bruce T. (2004). "Accelerated Evolution of Nervous System Genes in the Origin of Homo Sapiens". *Cell* 119; 1027-1040.
- Enard, W., Przeworski, M., Fischer, S.E, Lai, C.S., Wiebe, V., Kitano, T., Monaco, A.P., & Pääbo, S. (2002). "Molecular evolution of FOXP2, a gene involved in speech and language". *Nature* 418, pp. 868-872.
- Ferland, R.J., Cherry, T.J., Preware, P.O., Morrissey, E.E., & Walhs, Ch.A (2003). "Characterization of FOXP2 and Foxp1 ARNm and Protein in the Developing and Mature Brain". *Journal of Comparative Neurology* 460(2), pp. 266-279.
- Fitch, Tecumseh W., & Hauser, Hauser D. (2004). "Computational constraints on syntactic processing in a nonhuman primate". *Science* 303, pp. 377-380.
- Futuyma, Douglas J. (2005). *Evolution*. Sanderland (MA): Sinauer.
- Goodwin, Brian (1994). *Las manchas del leopardo. La evolución de la complejidad*. Barcelona: Tusquets, 1998.
- Gould, Stephen Jay (1977). *Ontogeny and philogeny*. Cambridge (MA): Harvard University Press.
- Gould, Stephen J. (1980). *El pulgar del panda. Reflexiones sobre historia natural y evolución*. Barcelona: Crítica, 1994.
- Hauser, M.D, Chomsky, N., & Fitch, T.W. (2002). "The faculty of language: what is it, who has it, and how did it evolve?". *Science* 298, pp. 1569-1579.
- Jablonka, E., & Lamb, M. (2005) *Evolution in four dimensions. Genetic, epigenetic, behavioral, and symbolic variation in the history of life*, Cambridge (MA), The MIT Press.

- Lai, Cecilia S., Gerrelli, D., Monaco A.P., Fisher, S.E., & Copp, A.J. (2003). "FOXP2 expression during brain development coincides with adult sites of pathology in a severe speech and language disorder". *Brain* 126, pp. 2455-2462.
- Lieberman, Philip (2006). *Toward an evolutionary biology of language*. Cambridge (MA): The MIT Press.
- Longa, Víctor M. (2004). "La propuesta de Lorenzo es una grúa, no un gancho celeste". *Ludus Vitalis. Revista de Filosofía de las Ciencias de la Vida* XII/22, pp. 191-202.
- Longa, Víctor M. (2006). "A misconception about the Baldwin Effect: implications for language evolution". *Folia Linguistica* 40, pp. 305-318.
- Lorenzo, Guillermo (2004). "Lingüística evolutiva: hacia un enfoque modular e internista". *Ludus Vitalis. Revista de Filosofía de las Ciencias de la Vida* XII/22, pp. 153-171.
- Lorenzo, Guillermo (2006). *El vacío sexual, la tautología natural y la promesa minimalista. Ensayos de biolingüística*. Madrid: AMachado Libros.
- Lorenzo, Guillermo (en prensa). "¿Y si el lenguaje tiene 100 mil años? Explorando las consecuencias de la datación del FOXP2 humano". *Ludus Vitalis* XV/27.
- Lorenzo, Guillermo, & Longa, Víctor M. (2003). "Minimizing the genes for grammar. The Minimalist Program as a biological framework for the study of language". *Lingua* 113, pp. 643-647.
- Maynard Smith, John, & Szathmáry, Eörs (1995). *The major transitions of evolution*. Oxford: Oxford University Press.
- Maynard Smith, John, & Szathmáry, Eörs (1999). *Ocho hitos de la evolución. Del origen de la vida a la aparición del lenguaje*. Barcelona: Tusquets, 2001.
- Mayr, Ernst (1963). *Animal species and evolution*. Cambridge (MA): Harvard University Press.
- Margulis, Lynn (1970). *Origin of eukariotic cells*. New haven: Yale University Press.
- Margulis, Lynn (2000). *Planeta simbiótico. Un nuevo punto de vista sobre la evolución*. Barcelona: Debate, 2002.
- Margulis, Lynn (2003). *Una revolución en la evolución. Escritos seleccionados* [edición a cargo de Juli Peretó]. Valencia: Col·lecció Honoris Causa / Universitat de Valencia.

- McBrearty, Sally, & Brooks, Allison S. (2000). "The revolutions that wasn't: a new interpretation of the origin of modern human behaviour". *Journal of Human Evolution* 39, pp. 453-563.
- McKinney, Michael L. (2000). "Evolving behavioral complexity by extending development". In Sue Taylor Parker, Jonas Langer and Michael L. McKinney (eds.) *Biology, Brains, and Behavior*. Santa Fe: School of American Research Press, pp. 25-40.
- McNamara, K.J. (1997). *Shapes of time*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Mithen, Steven (1996). *Arqueología de la mente. Orígenes del arte, de la religión y de la ciencia*. Barcelona: Crítica, 1998.
- Noble, W., & Davidson, I. (1996). *Human evolution, language and mind*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Oppenheimer, Stephen (2003). *Los senderos del Edén. Orígenes y evolución de la especie humana*. Barcelona: Crítica, 2004.
- Pinker, Steven (1994). *El instinto del lenguaje*. Madrid: Alianza, 1995.
- Pinker, Steven (2003). "Language as an adaptation to the cognitive niche". In Morten H. Christiansen & Simon Kirby (eds.) *Language Evolution*. Oxford: Oxford University Press, pp. 16-37.
- Pinker, Steven & Bloom, Paul (1990). "Natural language and natural selection". In Jerome H. Barkow, Leda Cosmides & John Tooby (eds.) *The adapted mind. Evolutionary psychology and the generation of culture*. Oxford: Oxford University Press, 1992, pp. 451-493.
- Pinker, Steven, & Jackendoff, Ray (2005). "The faculty of language: what's special about it?". *Cognition* 95, pp. 201-236.
- Reid, Robert G. B. (2007). *Biological emergences. Evolution by Natural Experiment*. Cambridge (MA): The MIT Press.
- Takahashi, K., Liu, F.C., Hirokawa, K., Takahashi, H. (2003). "Expression of FOXP2, a Gene Involved in Speech and Language, in the Developing and Adult Striatum". *Journal of Neurosciences Research* 73(1), pp. 61-72.
- Ullman, Michael T. (2004). "Contributions of memory circuits to language: the declarative/procedural model". *Cognition* 92, pp. 231-270.
- Waddington, C.H. (1957). *The strategy of the genes*. London: Allen & Unwin.

Wall, Jeffrey D.; & Przeworski, Molly (2000). "When Did Human Population Size Start Increasing?". *Genetics* 155, pp. 1865-1874.