
TERCER SALTO FUNCIONAL EN LA EVOLUCIÓN DEL LENGUAJE: *RECURSIÓN*

ALICIA ESCALONILLA GONZÁLEZ

ABSTRACT. THIRD FUNCTIONAL STEP IN
THE EVOLUTION OF LANGUAGE: *RECURSION*

This article reflects on what *recursion* is, how it evolved, what frame of mind lies before this linguistic feature, which brain areas are involved, and whether it is a unique feature of human language. Recursion is conceived as the third and last *functional step* in the evolution of language, within the framework of *TELES₃* (*Theory of Language Evolution by Three Emergencies and Natural Selection*). This theory is based in the idea that a *lexical symbolic protolanguage* emerged first, and later only in our species emerged *modern speech*. The type of recursion taken into account is the *central-embedding*, which recently arose as a *critical point emergence* that caused an *epigenetic change* in the previous language system, which profoundly increased its verbal working memory. Recursion is not a separate system from the rest of the artifacts that make up the *distributed functional neural linguistic system*. Finally, this paper analyzes the implications for *TELES₃* about the possibility of the absence of recursion in *pirahã* and others languages.

KEY WORDS. Recursion, functional step, central-embedding, critical point emergency, epigenetic change, verbal working memory, *pirahã*, *TELES₃*.

1. INTRODUCCIÓN

En este artículo se reflexiona acerca de la *recursividad lingüística* estipulada como *tercer salto funcional* dentro una serie de tres (*protolenguaje, habla y recursividad*) que, según *TELES₃* (*Teoría de la Evolución del Lenguaje mediante tres Emergencias y Selección Natural*¹) han dado lugar a un lenguaje humano tal como lo conocemos en la actualidad. Se les ha llamado *saltos funcionales* porque implican, por un lado, una evolución abrupta acaecida como consecuencia de cambios originalmente no adaptativos, y no dirigidos por la selección natural y, por otro lado, porque se sustentan sobre estructuras neuronales (y/o anatómicas, en el caso del *habla*) preexistentes que modifican su función.

Departamento de Lógica y Filosofía de la Ciencia, Universidad Complutense, Madrid, España.
/ aescalonilla4@gmail.com

De los tres saltos funcionales, sólo los dos últimos acaecen en nuestra especie: el habla con los orígenes de *Homo sapiens sapiens*, y la recursividad muy recientemente, que contribuyen, junto con otros factores, a las migraciones que desde África protagonizaron nuestros ancestros, y que da lugar a la abundante producción cultural de lo que se ha dado en llamar *revolución humana*.

El concepto de 'recursividad' ha estado sujeto a muchos malentendidos y a una gran ambigüedad. Por eso en este artículo se analiza su significado atendiendo a una categorización utilizada por Calvin y Bickerton (2000): "el qué", "el porqué" y "el cómo". Así, se discurre acerca de "el qué" de la recursión, es decir, en qué consiste desde distintas disciplinas y, sobre todo, qué es para *TELES₃*. En este sentido, se considera que la recursividad lingüística es una característica inexorablemente ligada a la mente. El protolenguaje incorporaba, desde el primer momento, características que algunos han etiquetado como recursión, tales como la *infinitud* y/o la *recurrencia*. Al igual que el resto de los artefactos lingüísticos, estos precursores fueron incorporando mejoras adaptativas en los periodos de estasis a cargo de la selección natural. Ahora bien, el momento genuino en la emergencia de una "verdadera" recursividad tiene lugar cuando surge la *incrustación central o de rama izquierda*, que implica una eclosión de memoria de trabajo verbal para poder manejarse con las complicadas relaciones de larga distancia entre los ítems léxico-semánticos. Dado que *TELES₃* considera el lenguaje como un *sistema neural funcional distribuido* conformado por la simbiosis de estructuras previas (conceptual-intencional y articulatorio-perceptiva), el origen reciente de la recursión, tal como aquí se ha concebido, implica la superación de un umbral de *estrés* en el que el sistema previo colapsa, y se produce una reorganización de sus circuitos neurales, de tal manera que se optimiza y se implementa la memoria de trabajo verbal.

En el planteamiento general de *TELES₃* la recursión no es un sistema computacional aparte, ya que se concibe el lenguaje como un módulo débil o, mejor, como un sistema funcional distribuido que integra todos sus artefactos. El carácter computacional de este sistema complejo sería análogo a un *autómata de pila incrementada*, e implica una *gramática sensible al contexto*.

En cuanto a "el porqué", y tal como se deduce de las líneas de arriba, esta recursividad tuvo que emerger como consecuencia de una *emergencia de punto crítico*, que incorpora desde el principio una gran *adaptabilidad*. Factores externos *comportamentales*, como la enorme complejidad cultural recién sobrenvenida, pudieron originar cambios epigenéticos que fueron heredados por nuestros antepasados.

En cuanto al "cómo" de la recursión varios estudios con técnicas de neuroimagen apuntan a la implicación del *circuito dorsal* con intervención

del área de Broca (AB 44) y el córtex temporal superior, unidas ambas zonas por el *fascículo arqueado*.

En la última parte de este documento se realizarán algunas reflexiones acerca del debate suscitado sobre la supuesta ausencia de recursión en la lengua pirahã.

2. “EL QUÉ” DE LA RECURSIÓN

Aunque a veces resulta muy artificiosa la separación entre esas tres instancias con las que se va a tratar de reflexionar acerca de la recursividad, parece que en aras de una mayor claridad y rigor, es conveniente realizarla. En este epígrafe acerca de “el qué” se van a tomar en cuenta distintas perspectivas para tratar de comprender todas las acepciones de un término que ha generado tanta polémica. A lo largo del desarrollo, y especialmente al final, se concluirá con la especificación que de este proceso hace la teoría *TELES*₃.

2.1. DIVERSAS ACEPCIONES DE LA RECURSIÓN

En primer lugar, se podría mencionar el uso metamatemático del término “recursión”, por el cual, una *función recursiva* es una función f tal que es definida para un valor particular x usando su propio, y previamente definido, valor para algunas otras variables. Se trata de un uso muy general, compartido también por las ciencias de la computación.

En realidad, este uso se relaciona más correctamente con una simple *iteración*. Así lo ve también Fitch (2010) que distingue entre (i) *iteración*, que consiste en una simple toma de *inputs* y la producción de *outputs*, sin interacciones hacia atrás; (ii) *recurrencia* que consiste en tomar señales de *output* y retroalimentarse con un *input* perdiendo los resultados de la primera computación a cada momento; (iii) sistemas de *feedback* “verdaderamente” recursivos, en el sentido de autorreferenciales o autoincrustables, que se enfrentan a estructuras de *input* arbitrariamente complejas, con fragmentos que permanecen potencialmente distintos.

Por otro lado, la biolingüística contemporánea también remite al concepto de infinitud de las ciencias computacionales, aunque al enfatizar la *jerarquía de las gramáticas* de Chomsky (1957), distingue distintos tipos de lenguajes que cumplen —todos ellos— con esa característica de la infinitud, pero que no todos son recursivos propiamente. En este contexto Lorenzo (2013) propone redefinir la recursión del lenguaje humano como esa capacidad del *anidamiento ilimitado*, es decir, la capacidad de anidar o incrustar secuencias dentro de secuencias sin límite alguno, salvo el de nuestra memoria. Si conjuntamos las ideas de Chomsky con la teoría de autómatas (Alfonseca, et al., 2007), Lorenzo distingue:

(i) *lenguajes regulares*, propios de *autómatas de estados finitos* (o *sistemas computacionales de tipo 3*), con gramáticas del tipo $(ab)^n$, que pueden representarse (para $n \leq 4$) como:

(1) {ab, abab, ababab, abababab}

(ii) *lenguajes naturales*, susceptibles de ser formalizados a través de *reglas de estructura de frase*, que requieren un *autómata de pila* capaz de reconocer secuencias con relaciones de distancia. Así, es posible generar *gramáticas insensibles al contexto* (o *sistemas de tipo 2*) del estilo $\{a^n b^n\}$, que pueden esquematizarse como:

(2) [a [a [a [...] b] b] b]

(iii) *lenguajes naturales*, con reglas transformacionales tales como las que marcan los modos verbales, los condicionales, la ordenación lineal en un contexto interrogativo, etc. Así, es posible generar *gramáticas sensibles al contexto*. Son análogas a los *autómatas de pila incrementada* (o *sistemas de tipo 1*), y permiten el acceso a los fragmentos para verificar otras relaciones, además de las de anidamiento. Tienen la capacidad de establecer relaciones o dependencias “a distancia” y, además, estas relaciones pueden “cruzarse” con las propiedades de las reglas de estructura de frase insensibles al contexto. El siguiente sería un ejemplo de estructura lingüística generada mediante este procedimiento:

(3) [los alumnos [a los que el profesor [al que el director expulsó] aprobó] hicieron huelga]

Lorenzo establece que el sistema computacional responsable de la recursividad del lenguaje humano (SC_H) sería equivalente al último modelo, el de un *autómata de pila incrementada* (o al menos al de un *autómata de pila*). Lo que diferencia a los tres tipos es el espacio de la *memoria de trabajo*, posiblemente ubicada en los circuitos bidireccionales que unen los lóbulos frontal y parietotemporal, pasando por el punto estratégico del área de Broca. Y el *secuenciador*, que sería el componente más básico, podría estar localizado en las arcaicas estructuras de los ganglios basales (Lieberman, 2006).

A diferencia de Hauser, Chomsky y Fitch (2002) (HCF, en adelante), que considera el *anidamiento* (*embedding*) como una característica específica del hombre y del lenguaje, como la *facultad del lenguaje en sentido estricto* (FLE), Lorenzo (2013) se propone buscar evidencias que refuercen lo contrario. Concluye entonces que los “referentes” del léxico se encuentran en un espacio mental y tienen un carácter “desplazado” (Deacon, 1997), así como la propensión a combinarse sin límites. Todo ello sería suficiente para defender el carácter recursivo del léxico, por lo que tendría principios generativos semejantes a la sintaxis. Lo mismo cabe decir de los sistemas

de pensamiento encargados de la elaboración de representaciones conceptuales, y también de la fijación de intenciones (sistema C-I). Las fórmulas del pensamiento, como la sintaxis de una lengua natural, tienen la propiedad del “anidamiento estructural” y son equivalentes, como mínimo, a un sistema computacional de tipo 2. Parece que el SC_H puede acceder indistintamente al sistema C-I, para componer pensamientos desnudos, o al sistema léxico, para componer pensamientos lexicalizados. Esto es así porque para Lorenzo ² (2013) el SC_H es un sistema de computación multi-propósito, es decir, asociado a un complejo sistema de interfaces que lo conectan a diversos dominios de aplicación, incluidas las interfaces capaces de conectar las representaciones conceptual e intencionalmente complejas con los sistemas a cargo de la percepción sensorial y la articulación. Esta parece ser la idea defendida actualmente por Chomsky (Chomsky, 2007 y 2010), así como también por Lorenzo (2013).

En particular, Chomsky (2010), conforme a la tesis minimalista más fuerte, enfatiza que las lenguas no pueden diferir unas con respecto de otras sin ningún límite. Igual que ocurre en biología, existen unas “constricciones arquitectónicas”³ que limitan el alcance adaptativo y los patrones evolutivos de cambio. La única operación recursiva en la gramática universal es *merge*, que une estructuras X e Y sin modificarlas, que da lugar a Z. La tesis minimalista fuerte deja de lado las reglas de estructura de frase, es decir, las “gramáticas de contexto libre”.

Conforme con ese minimalismo, la recursión es una facultad nuclear del lenguaje, que se hace patente también en otro aspecto de la cognición humana, a saber, en la capacidad numérica. Para Chomsky esa capacidad numérica es derivada del lenguaje (interno).

Chomsky distingue dos tipos de *merge*, ya que la fusión entre los elementos X e Y puede ser externa (una estructura junto a otra) o interna (una estructura dentro de otra). Esta última ha sido denominada *move* o *internal merge*, y genera un fenómeno de *desplazamiento*. Aunque en un lenguaje bien diseñado coexisten las dos clases de *merge*, éstas tienen propiedades diferentes. *Move* se corresponde con lo que Lorenzo (2013) denomina “anidamiento”, y conforme a lo expuesto arriba, requeriría una “pila” con más memoria, ya que implica relaciones de distancia mayores.

Por otro lado, y desde un punto de vista exclusivamente lingüístico, Fitch (2010) distingue dos tipos de recursión: (i) *recursión en sentido débil* (generación de cadenas), y (ii) *recursión en sentido fuerte* (estructuras de árboles que reflejan el proceso necesario para alcanzar aquellas cadenas). El último tipo genera propiamente reglas de “autoincrustación” (*center-embedding*).

Las cadenas no son sólo combinaciones de caracteres sin significado, sino que se correlacionan de una manera sistemática con los significados. No hay nada en las cadenas mismas que nos diga si el sistema de reglas

subyacente es recursivo o no. Se necesitan las estructuras conceptuales asignadas a esas cadenas por el usuario. Para Fitch no hay duda de que la recursión es una habilidad dependiente de nuestra herencia biológica. Su uso en el lenguaje tal vez sea parasitario ⁴.

De la misma manera que Fitch enfatiza la importancia de lo conceptual en la generación de las estructuras de autoincrustación, Zwart (2011) insiste en que no toda estructura “autoincrustada” ha sido generada mediante un proceso recursivo ⁵. Para evitar equívocos Zwart propone caracterizar la recursión en términos de “capas derivadas” (*layered-derivation approach*). Ni siquiera *merge* (*internal merge*) garantiza que ella misma sea una regla recursiva, a pesar de tratarse de un proceso binario. Sólo hay “verdadera” recursión cuando la derivación se realiza como un todo, y en donde las capas generadas se constituyen como un nuevo *input* (sin que se pierda la información particular) que se une a otros *input*, para dar lugar a un *output*, y así sucesivamente formando “bucles”. Por tanto, la recursión no es evidenciada (necesariamente) por la incrustación (originada por las reglas de una gramática de estructura de frase o similar), aunque sí lo es (necesariamente) por la *incrustación de rama izquierda* (*left-tail recursion*). O bien por la llamada “incrustación central” (*central-embedding*) que, en realidad, es una incrustación de rama izquierda. Así:

(4) *El ladrón al que perseguía la policía huyó*

podría representarse atendiendo a las relaciones de dependencia como:

(5) *[[el ladrón [al que perseguía la policía]] huyó]*

De esta manera, se constata un sujeto complejo (*el ladrón al que perseguía la policía*) que ha sido derivado en una capa derivacional separada. La estructura (4)/(5) es recursiva. La incrustación central, la denominada “incrustación anidada”, se ubica en la clase natural de la recursión de rama izquierda. A diferencia de la incrustación de rama derecha, la incrustación de rama izquierda (y, por tanto, también la incrustación central) no puede realizarse indefinidamente, ya que implica un elevado coste en carga de memoria. En este contexto resulta que los aspectos morfológicos, idiosincrásicos, y otros que muestran una mezcla de propiedades sintácticas y léxicas ⁶, adquieren una gran relevancia. En los procesos recursivos que originan estructuras incrustadas el léxico adquiere un gran protagonismo:

If this is the correct approach, then every structured lexical item that is used in a larger syntactic context betrays recursion in the sense understood here (Zwart, 2011: 50).

2.2. ¿ES LA RECURSIÓN UN RASGO ESPECÍFICAMENTE HUMANO?

Existen autores que resaltan aún más los aspectos léxico-conceptuales de la recursividad, a la que presentan como un rasgo original de la mente. Por supuesto, se hace imprescindible mencionar a Corballis (2011) que, si bien se aleja de Chomsky en cuanto a que el pensamiento mismo sea lingüístico (*I-language*), sí considera que posee propiedades recursivas (el “viaje mental en el tiempo”, que coopera con la memoria episódica en la construcción de nuestra propia identidad personal, así como la “teoría de la mente”, que nos permite conocer los estados intencionales de los otros) a las que el lenguaje se adaptó. Pensamiento y lenguaje evolucionaron con su recursividad en forma gradual desde hace seis millones de años. No considera que existan módulos, sino competencias humanas de tipo general, que sirven para múltiples propósitos. Como Lorenzo (2013), considera que la recursión parece ser un principio organizador en diferentes esferas de la actividad mental (desde el lenguaje a la memoria de trabajo o la lectura de la mente), aunque a diferencia de aquél no considera la recursión como un sistema independiente, sino que por el contrario, lo considera originario y dependiente del pensamiento. Sin embargo, a pesar de considerar que la recursión lingüística es un rasgo adaptativo evolucionado lentamente y que, por tanto, ha debido pasar por distintos estadios (*repetición, iteración, recurrencia*, etc.), sólo la *incrustación central* es una genuina recursión porque requiere tener en cuenta “marcadores” donde cada frase es interrumpida para introducir otra incrustada. Esto genera una “tensión” o “esfuerzo” en la mente, debido a la cantidad de memoria de trabajo que se requiere. De hecho, es muy raro más de un nivel de incrustación.

Pues bien, desde sus orígenes en nuestro pensamiento hasta la incrustación central de nuestro lenguaje actual, la recursión es un rasgo exclusivamente humano. Corballis (2011) sostiene con énfasis que los animales no tienen una mente recursiva ni un sistema de comunicación recursivo, a pesar de que algunos presentan una sofisticada comunicación gestual, y es conocida la importancia que Corballis otorga a este tipo de comunicación como precursor del habla. Es el pensamiento (simbólico y recursivo) y no su expresión, lo que aporta el carácter recursivo al lenguaje humano. Por eso recalca que el lenguaje humano no procede de las *llamadas* de otros animales. Éstas son innatas, inflexibles, y no aprendidas. Son vocalizaciones vinculadas a las emociones, y proceden del área del cerebro medio llamada “área periacueductal gris”, mientras que la conexión “mano-boca” que permitió un lenguaje moderno (recursivo) requirió de la cooptación del sistema de neuronas espejo.

Corballis (2007b) analiza dos estudios (Fitch and Hauser 2004, con tamarinos, y Gentner, et al. 2006, con estorninos) acerca de la posibilidad de que otras especies presenten recursión. Concluye que sólo se le ha podido probar en nuestra especie, tal como sostenían HCF. La diferencia

estriba es que éstos se refieren a un rasgo exclusivo del lenguaje humano mientras que Corballis sostiene que la recursión es una propiedad original de la mente humana, y que la recursividad lingüística fue posterior. El lenguaje surgió como una adaptación para la comunicación de esos procesos mentales recursivos en sociedades muy cooperativas.

Volviendo a los análisis efectuados por Corballis (2007b), parece que coinciden con Hauser y Fitch (2004) en cuanto a que los tamarinos son capaces de distinguir las secuencias acordes con una gramática de estados finitos $[(AB)^n]$ pero no consiguen diferenciar las secuencias de una gramática libre de contexto $[(A^nB^n)]$ en las que n era 2 o 3. Más interesantes son los resultados acerca de Genetner, et al. (2006). Estos autores sostienen que los estorninos son capaces de discriminar ambos tipos de secuencias incluso cuando n es mayor que 4. Ante esto, Corballis es mucho más escéptico. La cuestión es si los estorninos comprendieron la secuencia A^nB^n como si siguieran una regla recursiva de incrustación central, o si adoptaron una simple regla de iteración.

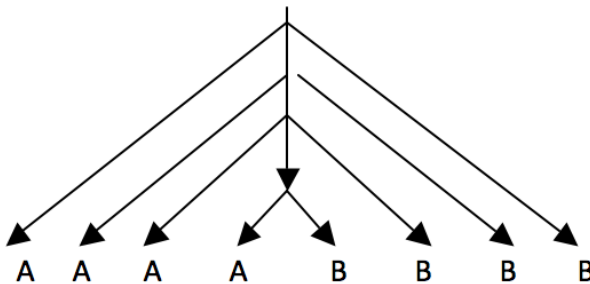


FIGURA A. Incrustación central.

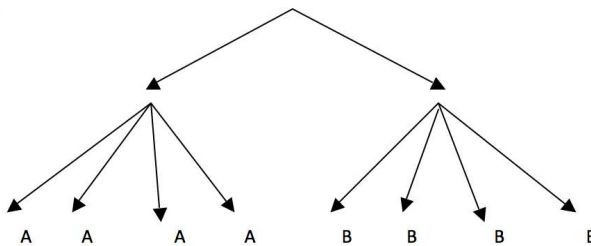


FIGURA B. Doble iteración.

Al igual que Zwart (2011), Corballis afirma que se pueden generar y discriminar estructuras recursivas como las representadas arriba por un procedimiento de incrustación central (figura a) que necesita de una gran capacidad memorística que permite contar, o mediante un procedimiento de doble iteración (figura b) en el que basta con “subiterar”. Esto último es bastante habitual en una amplia variedad de especies, incluidos chimpancés, orangutanes, monos, delfines, leones, palomas, cuervos y las fochas. Es posible que el mecanismo estuviera basado en una simple estimación de la duración, sin ningún sentido de incrustación central, ni de ninguna regla gramatical usada para crear las secuencias.

Así parece deducirse del experimento de Braaten & Hulse (1993), que enseñaron a estorninos a discriminar dos secuencias de sonidos artificiales, 11111000 y 01010011, presentadas en círculos continuos. Los pájaros alcanzaron la discriminación independientemente del punto de partida del círculo, y a veces incluso si algunos sonidos eran remplazados por otros.

En la misma línea argumentativa se sitúa Fitch (2010). Los trabajos de Gentner, et al. (2006), han contribuido a consolidar la idea de que los estorninos sí presentan recursión, pero esto es un error, según Fitch. A^nB^n es una gramática que va más allá de las capacidades de una gramática de estados finitos, pero nada más. A^nB^n no es un buen *test* para constatar la capacidad de la recursión, porque aunque se puede implementar recursivamente, también se puede desarrollar mediante un simple proceso iterativo. Al revés, un sistema de estados finitos como la gramática $(AB)^n$ usada por Fitch y Hauser (2004), puede también ser implementado recursivamente.

Todo apunta entonces a que la recursión no es un rasgo exclusivo del lenguaje, pero parece que sí lo es del humano. El propio Hauser (2010), al matizar sus propias ideas de HCF ⁷, arguye que la hipótesis de aquel polémico artículo no consistía en que *sólo recursión* era el núcleo del lenguaje, sino que también formaban parte de FLE las interfaces relacionadas con la semántica (*forma lógica*) y con la fonología (*forma fonológica*), y eso es lo distintivamente humano y lingüístico, en tanto que los sistemas sensorio-motores que subyacen a la computación fonológica son homólogos o análogos a sistemas sensorio-motores en otros animales. Incluso cabe defender que las operaciones recursivas tienen lugar no sólo en el lenguaje humano, sino también en la música, en las matemáticas, en la visión, en la danza, etc. Para Hauser, igual que para Chomsky, el uso de la recursión en estos dominios puede haber sido derivado del lenguaje. Si todo esto es así, entonces FLE realmente sería sólo las interfaces, los mecanismos que permiten un diálogo entre diferentes sistemas de representación, dando lugar a los tres componentes del lenguaje (reglas computacionales, semántica y fonología) como parte de FLA. Podría decirse que FLE está completamente vacío: ninguna de las computaciones que integran el lenguaje, ya

sean ellas mismas o sus interfaces, son únicamente para el lenguaje, las que además, pueden estar presentes en otros animales (tesis muy similar a Lorenzo, 2013), aunque sin el requisito de las interfaces con sistemas sensorio-motores o con representaciones conceptual-intencionales.

En cualquier caso, sea algo único o compartido con, por ejemplo, la música o la visión humanas, o con propiedades en otros animales, lo que está claro es que es el poder computacional de la recursión lo que garantiza que se trata de un tema central, y no su exclusividad o falta de ella. Nos propone Fitch que imaginemos un protolenguaje equipado con imitación vocal (y, por tanto, con un vocabulario compartido ilimitado) y una sintaxis básica de nivel de estados finitos que combina nombres y verbos (Fitch, 2010: 89). Pues bien, este lenguaje (protolenguaje) permitiría expresar una amplia variedad de conceptos, pero no permitiría generar construcciones más allá de un cierto nivel. Sin embargo:

Recursive embedding of phrases within phrases is an important tool allowing language users to express *any* concept that can be conceived, to whatever degree of accuracy or abstraction is needed. The achievements of human science, philosophy, literature, law, and of culture in general depend, centrally, upon there being no limit to how specific (or how general) the referents of our linguistic utterance can be. Without this capacity, language might be a useful concrete communication system, perhaps even adequate for the majority of day-to-day social communication that modern humans engage in (Fitch, 2010: 90-91).

2.3. “EL QUÉ” DE LA RECURSIÓN PARA *TELES*₃

Conforme a la exposición anterior, podría decirse del concepto de recursión que es un término *análogo*, como decía Aristóteles respecto del *ser*. En efecto, recursión *se dice* de muchas maneras. No es lo mismo su *uso* en las ciencias cognitivas, que en la teoría computacional o en matemáticas, o en biología, o en lingüística. Sin embargo, todos esos usos del concepto comparten un mismo significado genérico, a saber, la recursión como un proceso que permite la producción ilimitada de secuencias, a partir de un conjunto de elementos finitos. Se trata de un proceso combinatorio potencialmente infinito, tal como se pone de relieve en la producción de representaciones mentales conceptual-intencionales; en la producción de vocalizaciones o gestos, en los sistemas de comunicación; en las producciones algorítmicas matemáticas y/o computacionales; en los procesos *reiterativos* y/o *recurrentes* de la meiosis y de la mitosis celular; en la formación *recurrente* de cristales y de otras estructuras de la naturaleza, etc. En el marco de una teoría como *TELES*₃, que se ocupa del origen del lenguaje, la recursión tiene que ver exclusivamente con esos *procesos* internos implicados en la codificación y producción del lenguaje, así como con las *estructuras* lingüísticas externas correspondientes. En cuanto a la

caracterización precisa que aquí se está considerando, se trata de la recursividad (como proceso mental y como característica de las estructuras lingüísticas) que arriba se ha descrito como “incrustación central” o “incrustación de rama izquierda”. Recuérdese, de nuevo, que *TELES₃* establece la hipótesis de un origen del lenguaje en tres *saltos funcionales*: (i) un *protolenguaje simbólico y vocálico*, emergido en algún homínido anterior a nuestra especie por la *asociación* de sistemas conceptual-intencionales y articulatorio-perceptivos previos; (ii) un *habla* específicamente humana emergida por la *asociación*, con el sistema anterior, de nuevos circuitos neurales responsables del control de una anatomía novedosa de la base del cráneo y del tracto vocal, y (iii) una *recursividad* específicamente humana, manifiesta mental y lingüísticamente, y que implica una memoria de trabajo verbal mucho más grande que cualesquiera otras modalidades de *infinitud*.

Así las cosas, y si tenemos en cuenta las caracterizaciones que de la recursión han realizado otros (epígrafes anteriores), podría decirse que el protolenguaje que se postula cuenta con cierto tipo de recursividad. En efecto, *TELES₃* plantea un protolenguaje emergido como un simbiote del pensamiento simbólico (Deacon, 1997). Por tanto, rápidamente deviene un rasgo adaptativo para la comunicación de esos procesos simbólicos mentales (Corballis, 2011). El pensamiento simbólico y el lenguaje coevolucionan, de manera que las primeras “lenguas” vocálicas contienen ya una gramática muy simple basada en procesos combinatorios de tipo semántico, fonológico, morfosintáctico, y en un *orden lineal* (Jackendoff, 2002). Ahora bien, el tercer salto funcional que nos ocupa ahora, implica, como los otros, una discontinuidad respecto de los cambios graduales que, a cargo de la selección natural, se han ido produciendo entre salto y salto. Eso implica que, a diferencia de lo que sostiene Chomsky (2010), *TELES₃* sí considera que la recursividad ha podido evolucionar mediante diferentes emergencias (a “trocititos”), y no de una sola vez. Una evolución “saltacional” de un mismo rasgo no es incompatible con una explicación emergente, si ésta se fundamenta, por ejemplo, en procesos relacionados con *emergencias de punto crítico* (Reid, 2007), que originan una implementación cuantitativa novedosa sobre el rasgo anterior.

Puesto que del cómo se produce la recursión se hablará en un epígrafe posterior, veamos ahora cómo caracteriza *TELES₃* la recursividad a partir de los apartados previos, y de forma que resulta compatible con su propio marco teórico.

Se trata de una concepción de la “recursión en sentido fuerte” (Fitch, 2010a), como proceso generador de estructuras de árbol y de autoincrustación central (no una “recursión en sentido débil” que simplemente generaría cadenas iterativas); una que tiene que ver con un proceso de producción de estructuras incrustadas en las que nunca se pierde la

información anterior (“capas derivadas”). Como dice Zwart, es preciso conocer el cómo se realiza el proceso y no sólo el resultado, porque incluso estructuras aparentemente autoincrustadas pueden haber sido generadas mediante una *regla* (*transfer*) que, en realidad, implica colocar un elemento de una colección (*numeration*) en un espacio previo. La “verdadera” recursión (la aquí postulada) implica generación de unas estructuras dentro de otras de igual o menor nivel, sin ninguna otra consideración *reglada* (“colección”, “espacio”, “mover”, etc.). La clave es el hecho de que el procedimiento implica un “anidamiento desde dentro hacia fuera”, de tal manera que cada estructura generada implica la retención memorística de las anteriores (sin que se pierda ningún ápice de información). Es claro que es un procedimiento complejo, potencialmente infinito (si bien, algunos —Folia, et al. (2011)— enfatizan que la recursión en tanto que rasgo neurobiológico no es infinita) que, sobre todo, requiere un gran espacio de memoria de trabajo verbal.

La metáfora que mejor se adecua a esta concepción de recursión es la de “anidamiento ilimitado” de Lorenzo (2013). Un aspecto fundamental para la recursión aquí defendida lo constituyen las *relaciones de dependencia de larga distancia* que implican los procesos y las estructuras recursivas, cuando son generadas mediante “incrustación central”, o lo que es equivalente, “incrustación de rama izquierda”, tal como en:

[El perro [al que el gato [al que el hombre capturó] mordió] ladró]
(recursión de rama izquierda/central: $A_1A_2A_3B_3B_2B_1$)

Debido a este requisito *sine qua non* de una gran memoria, el planteamiento de Lorenzo (2013), que se vale de una teoría computacional, y de una teoría de sistemas de autómatas, junto con la *jerarquía de las gramáticas* de Chomsky, resulta muy válido para *TELES₃*. De ese modo, el tipo de recursividad que aquí se postula, la recursividad emergida en un tercer salto funcional, y exclusiva del ser humano (de su cognición y, en particular, de su lenguaje), se explicaría como un sistema computacional tipo 1, como un autómata de pila incrementada, válido para una gramática sensible al contexto, capaz de tener en cuenta dependencias de larga distancia como las requeridas en la incrustación de rama izquierda, así como las dependencias cruzadas de concordancia (que también implican relaciones a distancia). Ahora bien, a diferencia de Lorenzo (2013), *TELES₃* no concibe la recursión como un sistema independiente; por el contrario, el lenguaje es un sistema específico (si bien flexible y distribuido) con todos sus artefactos integrados.

De todo lo anterior se infiere que este tipo de recursividad es exclusivamente humana (propia de los sistemas simbólicos humanos y del lenguaje humano). Como muestran Corballis (2011), Fitch & Hauser (2004), Fitch (2010), y especialmente Corballis (2007), algunos animales son capaces de

codificar gramáticas de estados finitos, y otros (por ejemplo, los estorninos) parece que son capaces de distinguir e imitar producciones vocálicas, tanto de “gramáticas de estados finitos” como de “gramáticas de contexto libre” (con muy pocos ítems, siempre por debajo de cuatro). Aun así, no hay pruebas de que lleguen a ese resultado a través de un proceso de “capas derivadas” (Zwart, 2011), con el consiguiente requerimiento de una gran memoria de trabajo. Por el momento, hay unanimidad con relación a que lo que se ha observado en animales, que se corresponde más bien con un proceso de iteración y no de recursión, tal como se la ha definido aquí.

3. “EL PORQUÉ” DE LA RECURSIÓN

Al tener en cuenta que la “verdadera” recursión (“recursión en sentido fuerte”), objeto del tercer salto en la evolución del lenguaje según *TELES₃*, es explicada como consecuencia de una *emergencia* a partir de un sistema lingüístico anterior, en el que la “recursión en sentido débil” se encontraba integrada, resulta oportuno mencionar primero cuáles pudieron ser los precursores de esta última.

Los precursores de aquella *recursión débil* pudieron ser coptados desde el sistema simbólico, tras producirse la *simbiosis* entre los sistemas conceptual-intencional y articulatorio-perceptivo, lo que finalmente dio lugar a la emergencia del protolenguaje. En este sentido, Gärdenfors y Oswath (2010) plantean que la *cognición anticipatoria* o *planificación prospectiva* (evidenciada en la cultura *oldovayense*) es un prerrequisito de la capacidad de acción planeada que rige en el lenguaje recursivo.

Como se ha visto, Corballis (2010 y 2011) y Tomasello (2008) enfatizan la hipótesis de un protolenguaje gestual que también habría heredado el rasgo de la recursividad a partir de aspectos conceptuales (como el viaje mental en el tiempo y la lectura de la mente).

Hoffecker (2007) propone como evidencia de esa recursividad débil la habilidad para manufacturar herramientas combinadas, como las lanzas de madera atribuidas a un neandertal temprano, de hace 400,000 años en Schöningen, Alemania.

Todos estos planteamientos son interpretados en el marco de *TELES₃* como pruebas de un pensamiento simbólico (Deacon, 1997) con cierto nivel de recursividad (porque los símbolos se relacionan entre sí), que formó una *simbiosis* con el recién emergido protolenguaje. La coevolución de esta nueva realidad dio lugar a un sistema de comunicación caracterizado, entre otros aspectos, por la posibilidad de generar estructuras *iterativas*, *recurrentes*, tal vez con *incrustación de estructura de frase*, o incluso con *incrustación de rama derecha*. Con relación a las metáforas computacionales utilizadas en el epígrafe anterior, se trataría de un sistema computacional de tipo 3, o tal vez tipo 2, pero de ningún modo del tipo 1, que sería el

propio de una recursión concebida como incrustación central o de rama izquierda, y que implica relaciones (dependencia) de gran distancia, del interior hacia los extremos, así como relaciones de concordancia.

En cuanto a los genes que pudieron influir en la aparición de un protolenguaje con esa recursividad débil, tal como lo defiende *TELES₃*, probablemente tuvieron que ser aquellos relacionados con la expansión del cerebro que se produce justo con el linaje *Homo*.

Corballis (2011) plantea que los genes más importantes en esa expansión del cerebro tuvieron que ser precisamente algunos de los que *se inactivaron* coincidiendo con la aparición de los primeros homínidos. Así, alude a un gen codificador de una enzima que produce un ácido inhibitorio del crecimiento del cerebro. Este ácido está ausente en los fósiles de neandertal y en humanos actuales, y presente en otros primates. Se estima que este gen quedó inactivo hace 2.8 millones de años. El otro gen es *MYH16*, responsable de la acción del masticar con fuerza por parte de algunos músculos faciales en la mayoría de los primates, incluidos chimpancés y gorilas, así como en los primeros homínidos. Este gen quedó inactivo hace 2.4 millones de años. Tal vez está relacionado con el cambio de dieta, sobre todo con el modo de ingerir la carne, previa utilización de manos y quizás otros artilugios.

3.1. PRECURSORES DE LA "RECURSIÓN EN UN SENTIDO FUERTE"

TELES₃ defiende que este tipo de recursión es específica de nuestra especie. Tuvo que coincidir con las migraciones desde África. Estos procesos migratorios muestran un sistema cognitivo de una gran complejidad, lo que concuerda muy bien con un lenguaje equipado con un espacio de memoria de trabajo verbal como la requerida en los procesos de autoincrustación central.

En un primer nivel de análisis, pues, resulta oportuno reflexionar acerca de posibles precursores conceptuales. En este sentido, para Paul Mellars (2006a) las migraciones desde África por parte de *Homo sapiens* resultan una prueba de la posibilidad de un pensamiento y un lenguaje complejos y recursivos. Estos movimientos migratorios acaecieron durante la Edad de Piedra Media (300,000 – 50,000 años) e incluyen a los neandertales que se extinguieron en Europa hace unos 30,000 años. Mellars afirma que ese éxodo está relacionado, por un lado, con avances en construcción de herramientas (hojas de piedra, trabajo con piel de animales, ornamentos) y, por otro lado, con el suceso de una glaciación y la necesidad de adaptarse al norte, este y oeste de África, que también sufrió las consecuencias.

Corballis (2011) también enfatiza la importancia de las migraciones y la revolución cultural que se produjo en Europa y en Asia en el último periodo de la Edad de Piedra, en el Paleolítico Superior (40,000 – 12,000 años). Muchos indígenas actuales viven acorde con aquel estilo de vida,

que supuso una serie de avances tecnológicos como ropa, embarcaciones, refugios calentados, pozos de almacenamiento refrigerados, arcos y flechas, flautas, fibras de lino (datadas aproximadamente en 30,000 años) probablemente usadas para poner mangos a las hachas y lanzas, o para coser pieles de animales, objetos cerámicos al horno pintados con mezclas de componentes químicos, animales domesticados, adornos con ocre y con cuentas de concha horadadas, tatuajes, y otras formas de ornamentación personal, pinturas en cuevas como en Francia (Chauvet) y en España (Altamira), etc. Algunos hablan de una “revolución humana” (Mellars y Stringer, 1989), donde sostienen que la diferencia entre los artefactos encontrados en torno a estos humanos del Paleolítico Superior y los encontrados tempranamente en África son tan grandes que es necesaria la explicación de una mutación genética. Acerca de esto, Corballis hace hincapié en el nicho, en la mayor complejidad de la organización social (que es lo que acaece al *halogrupo* L3 y sus descendientes no africanos⁸).

En la misma línea, que enfatiza la “asimetría” entre el lenguaje interno o el pensamiento (sistema conceptual-intencional), por un lado, y el sistema sensoriomotor, por otro se encuentran las tesis de Tattersall (1998: 322-342), si bien en este último el origen de un lenguaje pleno aconteció de forma rápida, como en *TELES₃*. Para Tattersall (2010) el equipamiento periférico que permite articular el habla ha estado presente desde hace varios cientos de miles de años (antes de la invención del lenguaje) y surgió para otros propósitos. Lo que marca la diferencia entre los sistemas de comunicación humanos y no humanos son los sistemas conceptuales y de representación simbólica, que se basan en *poderes cognitivos compartidos*. Así, la recursión debió surgir al mismo tiempo que las migraciones de África y desde entonces el lenguaje ha permanecido esencialmente invariable. Tattersall (1998), como *TELES₃*, defiende un posible origen del lenguaje como un fenómeno emergente, en el que una recombinación de elementos preexistentes dio lugar a algo totalmente distinto. Pudo ser un cambio neural en alguna población del linaje humano, más bien un cambio genético pequeño y, por tanto, no fue algo adaptativo guiado por la selección natural. Después llegaron las migraciones y las innovaciones creativas a las que se ha aludido antes, y que pueden ser consideradas como resultado de un pensamiento y un lenguaje recursivos en un sentido fuerte.

Para Bickerton [igual que para Tattersall (1998), Deacon (1997), Corballis (2011), y Fitch (2010)], la clave es que el sistema conceptual y simbólico de los humanos es muy distinto del de otros animales, debido a la característica del “desplazamiento”. La presión selectiva demandaba algo más que el típico sistema de comunicación animal (SC_A), algo más que artefactos tipo *iconos* o *índices* (indicios) —presentes en el SC_A ; demandaba un lenguaje que utilizara representaciones simbólicas. Así surgió el protolenguaje

je (hace unos dos millones de años), que pudo haber comenzado con un inventario léxico de media docena o menos ítems. Una vez que ese proto-lenguaje se estabilizó, él mismo llegó a ser una presión selectiva para su propia expansión, para mecanismos que podrían regularlo. Al comienzo del proceso, nuestros ancestros tenían sólo un sistema conceptual estándar de primates, pero éste coevolucionó con el lenguaje hasta crear gradualmente el rico y complejo sistema que caracteriza al lenguaje (de estructuras recursivas complejas) de hoy (Bickerton, 2010 y 2014).

Desde un segundo nivel de análisis, Lorenzo (2013), en un marco teórico al otro lado de los que enfatizan el papel de los sistemas conceptuales como precursores de la recursión, se desmarca de las tesis de HCF. El *sistema computacional humano* (SC_H) es sólo una variante más compleja (pero homóloga) de los *sistemas computacionales animales* (SC_A). La recursividad no es un rasgo exclusivo del lenguaje humano, ni siquiera exclusivamente humano. Trata de argumentar su hipótesis basándose en diversos estudios, y apela a las tesis de Corballis (2011, y 2007a) expuestas en este apartado, más arriba. Es decir, asume con Corballis, que la capacidad de viajar mentalmente en el tiempo (posibilitada a su vez por la memoria episódica) implica procesos mentales recursivos, que suponen un patrón de “anidamiento”, que Lorenzo (2013: 57) esquematiza así:

[conciencia del presente XX [ayer YY [pasado remoto ZZ] YY] XX]

Lo mismo cabe decir de la capacidad lectora de la mente (sólo presente de forma muy rudimentaria en otras especies), que ya se encontraba hasta cierto punto evolucionada antes de que apareciera la recursión.

Es así como la tesis de HCF acerca de la especificidad lingüística de la recursión queda refutada. Lorenzo recuerda que Chomsky (2007) admite claramente que la recursividad caracteriza a otros sistemas de la cognición humana además del lenguaje, y afirma que ha sido éste el que evolutivamente ha hecho posible la coaptación de tal propiedad a estos otros sistemas, como el viaje mental en el tiempo o la lectura de la mente. Se trata de una secuencia evolutiva contraria a la que sugiere Corballis (y Deacon, 1997). Lorenzo dice no pronunciarse acerca de esta direccionalidad (recursividad del *lenguaje interno* → recursividad otros sistemas cognitivos), aunque lo cierto es que sus conclusiones van a desembocar en una línea parecida.

En cuanto a posibles precursores de la recursividad fuera de la cognición humana, Lorenzo recuerda los estudios de Gentner, et al. (2006) sobre los estorninos pintos (*Sturnus vulgaris*), y los estudios de Heijningen, et al. (2009) sobre los pinzones cebra (*Taeniopygia guttata*). Coincide con la mayor parte de los autores en que estos estudios no son concluyentes (Marcus, 2006; Corballis, 2007b; Fitch 2010). Al parecer, los pájaros no llegan a generalizar una gramática insensible al contexto, y simplemente identifi-

can muestras atendiendo a ciertas cualidades acústicas de las señales, lo que no requiere un sistema de computación más complejo que un autó-mata de estados finitos (sistema computacional tipo 3).

Lorenzo⁹ discrimina fuera de la cognición humana un comportamiento que sí podría ser un precursor de la recursividad del lenguaje humano. Se trata de la elaboración de nudos en las tareas constructivas de los pájaros tejedores (Balari, et al., 2013). Al parecer, no existe en el registro fósil indicio de que el neanderthal practicara esta actividad, que es muy frecuente en los humanos anatómicamente modernos (HAM).

Pese a todo, admite que cabe la misma cautela que con los experimentos de los pájaros anteriormente referidos. Podría tratarse de pautas rígidas de actividad motora, ajenas a la creatividad que caracteriza a las computaciones de los procedimientos recursivos.

En cualquier caso, Lorenzo sostiene que podría haber *sistemas computacionales homólogos*¹⁰ a los que generan la recursividad lingüística humana. Sin embargo, cuando se trata de rastrear la causa de esa homología, se apela, como no podía ser de otra manera, a estructuras, órganos, formas o patrones de conexiones neuronales:

Me referiré en adelante a este sistema como Sistema de Computación animal (o, para abreviar, SC_{animal}), dando con ello a entender que se trata, en todos los casos, del *mismo* sistema, que como cualquier otro **órgano** en diferentes especies conoce numerosas variantes de **forma** y función (...) Así pues, una primera fuente de la diversidad del SC_{animal} en diferentes especies radica en cuál sea el **patrón de conexiones** que establezca con otros sistemas mentales, con los que compondrá algún tipo de facultad en el mismo sentido amplio en que Hauser, Chomsky y Fitch se refieren a la FLA¹¹ (Lorenzo, 2013: 79).

En cualquier caso, la analogía con la *jerarquía chomskiana* de las gramáticas y con la teoría de autómatas resulta muy útil para entender la evolución de la recursión. Lo más importante es, en efecto, la diferencia en el espacio de memoria de trabajo utilizado por los SC_A y por los SC_H . Una teoría como *TELES₃* coincide en esa distinción. La recursividad humana, tal como se ha caracterizado en el apartado anterior, requiere de un sistema computacional tipo 1, pero no se necesita apelar a un único y diferenciado sistema computacional originario (que parece identificarse con el *conjunto vacío*), sino a unas estructuras previas (cada una con sus propios sistemas computacionales) (Jackendoff, 2010), fusionadas y originando un sistema lingüístico neural funcional distribuido (Lieberman, 2000) más complejo que las partes integrantes. En efecto, detrás de la metáfora de Lorenzo se sigue escondiendo un componente *nuclear* del lenguaje.

La teoría *TELES₃* se fundamenta, entre otros, en conceptos como el de “homología profunda”, o el de “morfoespacio” (“conjunto discontinuo y finito de formas, accesibles sin embargo, a partir de un sistema común de

factores de desarrollo”), propuesto por Lorenzo, pero no sobre el concepto de “homología computacional”. Frente a la afirmación de que SC_H podría ser una de entre las múltiples variantes de SC_A universal (Lorenzo, 2013: 92), *TELES₃* la describiría como “el sistema neural funcional distribuido del lenguaje humano constituye uno de entre los múltiples sistemas neurales (posiblemente, en algunos casos también distribuidos) de la comunicación animal”.

Parece que, pese a todo, el debate generado por HCF no es en absoluto estéril, ni es, como algunos lo han caracterizado, una mera discusión terminológica. De ese debate se desprenden distintos marcos explicativos inconmensurables, tanto desde el punto de vista epistemológico, como ontológico. En cualquier caso, y aunque queda vislumbrada una postura internista en Lorenzo, frente al estructuralismo externista de *TELES₃*, vale la pena resaltar que ambos planteamientos tienen mucho en común:

La recursividad, en el sentido en que Hauser, Chomsky y Fitch usan el término, se deriva en concreto de la capacidad de procesamiento de relaciones a distancia y se obtiene a partir de la clase de sistemas de tipo 2. Marca, de acuerdo con mi propia exposición, una verdadera diferencia de género, no simplemente de grado, en la manera de computar secuencias. Dejando de lado la cuestión de si realmente existen o no en la naturaleza otros sistemas de computación recursivos además del que sirve al lenguaje, lo cierto es que tal diferencia, que efectivamente establece una brecha entre fenotipos computacionales dotados o no de la capacidad de secuenciar recursivamente, tampoco rompe necesariamente la relación de homología entre los sistemas correspondientes ¹² (Lorenzo, 2013: 94).

Desde un tercer nivel de análisis, cabe plantearse si hay alguna evidencia de genes posiblemente implicados en la *recursión en un sentido fuerte*. Corballis (2011) apunta a la expansión del neocórtex como hecho diferencial posiblemente relacionado con el origen de la recursividad. Como responsable de esa expansión del cerebro que acaeció en el linaje que condujo a *Homo sapiens*, menciona el gen *ASPM* (*abnormal spindle-like microcephaly associated*). Lo importante aquí es que ese gen parece haber experimentado una nueva selección recientemente, en nuestra especie, hace 5,800 años, y sugiere que el cerebro humano está todavía sujeto a una evolución rápida. El gen *MCPH6* (*microcephalin*) también está implicado en el tamaño del cerebro, y una variante en humanos modernos se seleccionó hace aproximadamente 37,000 años.

En cuanto al gen *FOXP2*, Enard, et al. (2002b) sostienen que la última selección positiva de este gen (uno de los genes de los que más se conoce su implicación en el lenguaje) pudo acaecer durante la evolución humana reciente, de manera que la secuencia actual podría haber quedado fijada hace no menos de 100,000 años, si bien Corballis (2010) plantea que debido

al margen de error pudo haber acaecido con anterioridad, alrededor de 170,000 años, que coincide con la aparición del hombre moderno. Sin embargo, datos más recientes —y fiables— aportan evidencias de esa mutación más reciente, en torno a 40,000 años (Coop, et al., 2008), lo cual podría explicar el “pico” que supuso la llamada “revolución humana” durante las migraciones desde África, y la relación entre este fenómeno y la aparición de la recursividad en un sentido fuerte.

Folia, et al. (2011), aprovechándose de la ventaja que supone poder acceder al estudio de una pequeña muestra de sujetos que formaban parte de un estudio sobre genética y neuroimagen¹³ muestran el papel relevante del gen *CNTNAP2* asociado a daños específicos del lenguaje. Este gen es controlado por el factor de transcripción *foxp2*, y codifica una proteína de la transmembrana neural que pertenece a la superfamilia “neurexin”. Se ha observado que en el desarrollo del cerebro humano (y no en otros) la expresión de *CNTNAP2* se incrementa en las redes fronto-temporal-subcorticales del cerebro, sobre todo en las regiones frontales. Ante variaciones en un determinado nucleótido (RS7794745) de este gen, la respuesta del cerebro durante la comprensión (implicación de la recursividad) del lenguaje presenta diferencias estructurales y funcionales.

3.2. “EL PORQUÉ” DE LA RECURSIÓN EN *TELES₃*

La recursión, tal como se le ha descrito, tuvo que aparecer, en efecto, como consecuencia de una *emergencia de punto crítico* sobre un sistema lingüístico anterior.

En *Biological Emergences*, Reid declara su opinión respecto de la posibilidad de que la habilidad lingüística (en realidad parece referirse a la recursión) sea resultado de una emergencia de punto crítico¹⁴ (Reid, 2007: 131). El lenguaje (el cerebro humano, en general) es una estructura viva que genera relaciones dinámicas y homeostáticas con su entorno. Por eso, factores externos como el entorno, la dieta, y la “revolución humana”, que comprendería el propio comportamiento de la especie (arte, ritos, organización social y especialmente el propio lenguaje hasta ese momento evolucionado), pudieron ejercer de detonantes de la variación de ciertas rutas genéticas, a través de la intermediación de los *genes maestros*, dando lugar a una emergencia, es decir, a un nuevo sistema lingüístico. En este sentido, *TELES₃* conecta muy bien con las tesis epigenéticas y “evo-devo” de Daniel Dor y Eva Jablonka:

Changes in development which lead to changed phenotypes are primary and the organism exhibiting an altered phenotype is the target of selection. Genes, as West-Eberhardt (2003) succinctly has put it, “are followers in evolution”: changes in gene frequencies follow, rather than precede, phenotypic changes that mainly arise as reactions to environmental changes (Dor & Jablonka, 2010: 135).

En el marco de *TELES₃* el lenguaje se considera como un módulo débil (Carruthers, 2006) o como un sistema neural funcional distribuido (Lieberman 2000) y, como tal, es una estructura viva organizada jerárquicamente por otros sistemas que lo componen. Cada implementación *fulgurante* implica una nueva realidad mayor (y menor, a la vez) que la suma de sus partes. El cerebro es una estructura computacional, por tanto el lenguaje también, pero no es una *máquina de Turing*¹⁵, sino que es un *sistema vivo*, es un *sistema autorregulable*, es un *sistema abierto* (Bertalanffy, 1967), es un *sistema complejo* (Kauffman, 1993, 200; Oyama, 2000), es un *sistema dinámico* (Prigogine, 1972-1982/83; Laughin, 2005), es un *sistema caótico* (Ott, 2002), es decir, un sistema caracterizado porque un insignificante cambio en las condiciones de partida se amplifica y propaga exponencialmente a lo largo del sistema y es capaz de desencadenar un comportamiento (una función) diferente. Los sistemas caóticos se caracterizan por su flexibilidad y adaptación y, aunque parecen evolucionar de forma aleatoria, tienen, sin embargo, un cierto orden interno subyacente. El lenguaje humano obedece a sus propias leyes, sus constricciones internas que actúan como “atractores¹⁶” respecto al medio externo. En definitiva, es un sistema computacional dinámico y complejo regido por ecuaciones diferenciales no lineales.

Asimismo, el lenguaje es un sistema distribuido formado por múltiples redes neurales con sus circuitos y sus enlaces. En él todo está conectado con todo, si bien hay circuitos más relevantes que están fuertemente conectados con otros colindantes, y débilmente conectados con otros más “alejados¹⁷” (Duncan & Strogatz, 1998).

Por este carácter *holístico* que se atribuye al lenguaje, *TELES₃* no considera oportuna la separación entre un lenguaje en sentido estricto (FLE) y un lenguaje en un sentido amplio (FLA), y tampoco se compadece bien con aquellos planteamientos que sostienen un sistema computacional independiente que colaboraría con otros sistemas supuestamente no computacionales (Lorenzo, 2013). La computación es una característica inherente al sistema lingüístico como tal, a todos sus artefactos, no es una *realidad* independiente. Por eso *TELES₃* acoge como muy útil la analogía con los sistemas autómatas, y propone, en efecto, una tipología (de automatismo) para cada uno de los tres saltos con los que emerge el lenguaje. Así, la recursividad implicaría un autómata de pila incrementada, un sistema computacional tipo1. En *TELES₃* este nivel de complejidad sería atribuido al lenguaje como *todo*, en tanto que emergido como resultado de una reorganización de una estructura previa, dando lugar a una nueva función, a saber, la función lingüística que incluye la recursión.

En este contexto, es probable que la recursividad emergió como una variación epigenética (y no propiamente genética). Esta hipótesis es más plausible, primero, porque parece haber un consenso en su reciente incorporación a la filogenia, lo que hace verosímil que aún pudiera no estar

fijada genéticamente y, segundo, porque no hay consenso acerca de su universalidad en todas las lenguas ¹⁸.

4. EL “CÓMO” DE LA RECURSIÓN

Si bien es difícil analizar estos tres aspectos de la recursión cual si se tratara de compartimentos estancos, tal como se está poniendo en evidencia a lo largo de este artículo, podría establecerse que en este apartado se trata de dilucidar *cómo* nuestro organismo (nuestro cerebro) da lugar a este rasgo, es decir, qué áreas del cerebro intervienen y qué arquitectura de la mente subyace.

Los estudios con técnicas de neuroimagen de Folia, et al. (2011) acerca del aprendizaje de gramáticas artificiales y naturales, ponen de relieve una preferencia por aquellas gramáticas a las que los sujetos han estado expuestos en primer lugar. La primera exposición a estímulos de secuencias estructuradas gramaticalmente es responsable del “último recableado” del sistema lingüístico, lo que permite la adquisición de ambos tipos de gramáticas. No obstante, los resultados de las imágenes por resonancia magnética funcionales (*fMRI*) indican que el área de Broca es fundamental en la adquisición de la gramática. Las áreas del cerebro más implicadas son BA 44 y BA 45; BA 39/40; BA 22; BA 10; BA 37, dependiendo de los matices en cada momento del estudio, con predominancia de BA 44 y BA 45.

Los autores afirman, asimismo, que para explicar el lenguaje natural (recursivo) como un sistema neurobiológico, basta con una gramática del tipo de las *gramáticas léxicas* que proponen una operación sencilla, *unification*, semejante a *merge*. En ese caso, es suficiente con un control computacional de “estado finito” distribuido sobre el léxico.

Para *TELES₃* sería totalmente aceptable una gramática léxica, ya que como se ha planteado con anterioridad, un sistema computacional independiente sería equivalente al *conjunto vacío*. Como Culicover y Jackendoff (2005), se sostiene que el léxico lleva incorporado un “trocito” de semántica, de sintaxis y de fonología. Por tanto, no es eso lo que se objeta, pero sí parece oportuno señalar que no todas las dependencias requieren la misma cantidad de memoria. Como se ha explicado, la incrustación de rama izquierda implica una mayor complejidad memorística. Sólo *merge* o *unification* no garantizan *necesariamente* ese tipo de operación y, por otro lado, cualquier estructura aparentemente recursiva podría realmente haber sido generada mediante reglas preminimalistas (gramática de estructura de frase). Por tanto, sólo una *recursión de capas derivadas* (Zwart, 2011), que garantice que cada *input* se añade al *output* anterior (considerado como una unidad, pero conservando íntegramente el contenido de sus partes constituyentes), para generar un nuevo *output*, reflejaría realmente el tipo de recursividad que aquí se defiende. Ese proceso requiere así un sistema

computacional con un espacio de memoria de trabajo verbal mucho más grande [un sistema computacional tipo 1, una gramática sensible al contexto (Lorenzo, 2013)] que otros procesos susceptibles de ser generados por sólo *merge* o sólo *unification*, como *iteración* o *recurrencia*. Para Folia, et al. (2011) plantear que la recursividad es acorde con una gramática de estados finitos se sostiene mejor con una concepción del lenguaje como un sistema neurobiológico de redes neurales, y también con la moderna teoría de sistemas dinámicos complejos. Por el contrario, para *TELES₃* la recursividad, emergida abruptamente como una emergencia de punto crítico, que origina un sistema lingüístico diferente del anterior, se comporta mejor con la mencionada teoría de sistemas dinámicos complejos, tal como se ha desarrollado en el apartado anterior. Las redes neurales no son análogas a un sistema computacional de estados finitos.

En cualquier caso, las técnicas de neuroimagen utilizadas por Folia, et al. (2011) ponen de relieve que la región frontal inferior izquierda, incluyendo el área de Broca (a lo largo de una dirección antero-posterior), puede ser descrita como una región del cerebro que controla el procesado y generación de una sintaxis recursiva acorde con el marco de una gramática léxica.

Por su parte, Friederici, et al. (2011) realizan una síntesis de sus interesantes estudios acerca de las bases neurales de la recursión y de la jerarquía sintáctica. En alusión al debate HCF y al estudio de Fitch & Hauser (2004) sobre los títes de cabeza blanca concluyen, como otros autores ya comentados que la simple diferenciación, por parte de los títes, entre una gramática A^nB^n y otra de tipo $(AB)^n$, no es un buen *test* para inferir que existe recursión. Una gramática puede ser descrita como recursiva pero no serlo realmente (Fitch, 2010). Por eso Friederici, et al. (2006a) recrearon experimentos parecidos a los de Fitch & Hauser (2004) con humanos y no humanos, y con gramáticas $(AB)^n$ y A^nB^n . Las dos gramáticas activaron diferentes patrones, pero en ambos estaba implicado el área de Broca (BA 44). Por tanto, se concluyó que en todo tipo de estructuras jerárquicas complejas con gramáticas artificiales estaba presente el área de Broca.

Ahora bien, como se sabe que la memoria de trabajo verbal activa el córtex prefrontal ventrolateral que incluye el área de Broca, a los autores les preocupaba discernir hasta qué punto esos patrones reflejaban estructuras sintácticas jerárquicas, o bien procesos relacionados con la memoria de trabajo (relaciones de dependencia de larga distancia).

Se concluyó que la jerarquía sintáctica activaba el área de Broca en el giro frontal inferior (GFI). Asimismo, se activaba el giro temporal superior izquierdo (GTS) y el surco temporal superior (STS), lo que indica que estas regiones son parte de la red de trabajo del lenguaje. Dentro del giro frontal inferior (GFI) una región especialmente importante en las jerarquías es BA 44. Por el contrario, la memoria de trabajo activó el surco frontal inferior

(SFI) localizado en la parte dorsal del área de Broca (BA 45). Un análisis de conectividad funcional reveló que estas dos áreas interactúan durante el procesamiento de sentencias de incrustación múltiple. Por otro lado, el hecho de que el área de Broca (y especialmente, BA 44) sea la base neural de la recursión lingüística no excluye que también esté implicado en el procesamiento de secuencias visual-espaciales, en el procesamiento de secuencias de acción, y en otros procesos que requieren una ordenación jerárquica. Pues bien, en todos estos casos, el área de Broca es parte de una red de trabajo neural diferente.

Estos resultados concuerdan bien con el modelo liebermaniano de un *sistema lingüístico neural funcional distribuido*, asumido también por TELES₃.

Señalemos que en los casos referidos se trata de *jerarquías* que, de algún modo, permiten la “imitación”. Por tanto, cabe seguir manteniendo —en principio— la supuesta relación entre los procesos que implican jerarquías complejas como la recursión y las “neuronas espejo” (Arbid, 2002). ¿Qué pasa entonces con los casos de jerarquía donde no tiene lugar ese aspecto mimético, tal como ocurre con el procesamiento de las fórmulas matemáticas y que, según amplio consenso, también implican recursión? Friederici, et al. (2011) concluyen que BA 44 apoya parcialmente el procesamiento de jerarquía en las fórmulas matemáticas, aunque el área crucial que más fuertemente posibilita este proceso en la región prefrontal está localizado más anteriormente, en BA 47 limitando BA 45. Estas áreas están implicadas en procesos lógicos y semánticos.

En definitiva, se trata de redes neurales distintas, aunque con áreas comunes. En particular, el gradiente posterior-anterior con relación al comportamiento organizado jerárquicamente, es fundamental para el control ejecutivo, y abarca desde el córtex premotor (BA 6) localizado en el córtex frontal posterior (CFP), pasando por el CFP lateral (BA 44/45) hasta el córtex dorsolateral anterior (BA 46/47), y más allá, hasta la porción superior (BA 10). Cuanto más abstractos son los procesos estructurados jerárquicamente, más anteriores son las regiones que reclutan. De los estudios descritos se deduce que el procesamiento de fórmulas matemáticas requiere un control ejecutivo mayor que el procesamiento de estructuras lingüísticas. Esto implica que el procesamiento de fórmulas matemáticas podría ser menos automático, que requeriría más control cognitivo que el procesamiento de jerarquías lingüísticas.

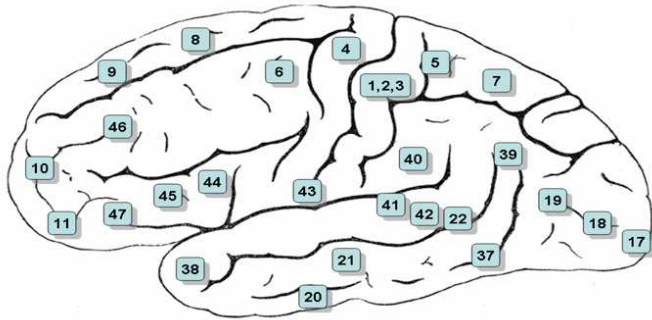


FIGURA C. Superficie lateral de un hemisferio con sus áreas de Brodmann numeradas. (n.d.)

En cuanto al cómo concibe Lorenzo la estructura neural de la recursión (2013), cabe primero recordar que su concepción computacional enfatiza dos elementos: un “secuenciador” que lo constituirían las estructuras neurales motoras relacionadas con los ganglios basales¹⁹ (Balari y Lorenzo, 2013). Dado que, como dice Lieberman, los ganglios basales son unas estructuras muy primitivas, lo novedoso tiene que ser el otro componente, es decir, la compleja memoria de trabajo que, a su vez, podría localizarse en una u otra estructura del *pallium*, la capa de materia blanca y gris que recubre la parte superior del cerebro de los vertebrados, y de la que surgen vías de conexión con los componentes basales.

Debido a este marco teórico, Lorenzo acepta la tesis de la *asimetría entre los sistemas externos y el sistema conceptual intencional*. Como HCF, Lorenzo considera que los sistemas externos (*articulatorio-perceptivo* o *sensorio-motor*) son secundarios, y sólo permiten exteriorizar un lenguaje que principalmente es *pensamiento manipulado y representado internamente, esencialmente uniforme para toda la especie, y superficialmente diversificado*. A diferencia de HCF, sostiene que la facultad del lenguaje en sentido estricto (FLE) se correspondería con los sistemas de pensamiento, que incorporan el sistema computacional lingüístico. La facultad del lenguaje en sentido amplio (FLA) aportaría, además, los sistemas de exteriorización (A-P), y quedaría abierta la posibilidad de que ellos cuenten también con el sistema computacional o se sirvan de uno específico (SC_{Fon}). Esto es posible porque, como se ha explicado en el apartado anterior, para Lorenzo el sistema computacional humano (SC_H) que posibilita la recursión es un sistema previo, homólogo al sistema computacional animal (SC_A), y subyace en la actividad de otros sistemas como el conceptual-intencional. Queda claro que prima siempre el pensamiento sobre la comunicación, de la que dice que no hace referencia a una *clase natural*. El hecho de que no exista una vía de exteriorización única (lenguaje de signos, lenguaje hablado, lenguaje escrito), podría ser indicio del carácter secundario de los sistemas (A-P).

La propia diversidad lingüística también es una prueba de la tesis de la asimetría.

Con estos antecedentes, Lorenzo (2013) se decanta por una concepción de la *facultad del lenguaje en un sentido amplio que contempla un sistema computacional inespecífico conectado a diversos sistemas de representación mental, además de su conexión con los sistemas relacionados con la función lingüística*. Reconoce que, en principio, su hipótesis no se compadece bien con los resultados de Berwick, Friederici, Chomsky y Bolhuis (2012). Estos estudios de neuroimagen son complementarios a los antes comentados de Friederici, et al., (2011), y observan circuitos neurales en apariencia segregados, uno con relación a la sintaxis y otro con la semántica. Con todo, los autores respaldan la hipótesis de una FLA como una *amplificación de un sistema de representación interna del pensamiento que incluye el procedimiento computacional que dota a esas representaciones con sus propiedades lingüísticas, mediante su conexión con los sistemas que permiten exteriorizarlas*.

Lorenzo descarta esta hipótesis que propone un sistema conceptual computacional específico, y también descarta que la FLA *consista en un procedimiento computacional complejo específico más las interfaces y sistemas periféricos que le permiten servir específicamente a la función de generar expresiones semánticas complejas (vía sistemas de pensamiento) exteriorizables (vía sistemas sensomotrices)*. En realidad, parece que ninguna de las tres hipótesis se adecua a los datos de Berwick, et al. (2012), pero afirma que la suya sale mejor parada si se complementan los datos comentados con las tesis de Lieberman (2006) acerca del *circuito dorso-lateral prefrontal*, y del papel relevante de los ganglios basales como encrucijada clave de múltiples circuitos neurales, en especial de aquellos que constituyen la red neural funcional distribuida en la que consiste la facultad del lenguaje. Los ganglios basales podrían constituir el nexo (el “secuenciador”, según la terminología computacional de Lorenzo) de esos dos circuitos puestos de relieve anteriormente (más susceptibles de ser relacionados con la “memoria de trabajo” en palabras de Lorenzo). Si la facultad del lenguaje se fundamenta en una arquitectura de la mente como ésta, se explicaría también que las afasias y otras enfermedades relacionadas con el lenguaje, no se presenten nunca con una manifestación única y definitiva. Es más, en múltiples ocasiones, el deterioro afecta también a otros aspectos cognitivos.

Así las cosas, *TELES₃* coincide en gran medida con Lorenzo, y sólo objetaría que, en aras del principio de economía, podría prescindirse “definitivamente” del término FLE (superficialmente rechazado por Lorenzo), o más precisamente, del término “SC_H” (claramente postulado por Lorenzo), por tratarse de una mera categoría vacía, de un simple nombre sin contenido. Los *sistemas neurales distribuidos* de Lieberman, en general, y su *sistema lingüístico funcional distribuido* (SLF), en particular, con el que

TELES₃ se identifica, resultan bastante convincentes a la vista de los datos obtenidos con técnicas de neuroimagen. Además, estas tesis son también compatibles con el modelo arquitectónico de la mente de la *teoría de la multimodularidad masiva débil* de Carruthers, acogido también por *TELES₃*²⁰. En ambos el carácter computacional del sistema lingüístico va implícito en el sistema como *totalidad*.

En conclusión, todo lo expuesto puede interpretarse como un refuerzo de la concepción que de la facultad del lenguaje subyace en *TELES₃*, y que constituye una postura muy cercana a la de Lorenzo, si bien la primera no comparte la noción de un sistema computacional independiente, aun cuando no sea específico del lenguaje. Precisamente por ello, sería más parsimonioso prescindir de dicha categoría. Por último, la facultad del lenguaje sí tendría una caracterización estructural específica, aun cuando no consista en un módulo tradicional.

5. IMPLICACIONES DE LA POSIBLE AUSENCIA DE RECURSIÓN EN LA LENGUA PIRAHÁ PARA *TELES₃*

Una vez realizadas las correspondientes reflexiones acerca de “el qué”, “el porqué” y “el cómo” de la recursión, y también aportado evidencias que han tratado de mostrar que, tal como se la ha definido, es un rasgo ausente en otros animales, cabe ahora abordar la polémica cuestión de si es o no un rasgo universal de nuestra especie. En los últimos años la cuestión resulta especialmente relevante, sobre todo a partir del artículo de Daniel Everett (2005b) en el que afirma la ausencia de este rasgo en la lengua *pirahã*²¹. Según Everett este hecho es un serio inconveniente para las tesis tradicionales de Chomsky acerca del innatismo y la universalidad de la gramática, e incluso para la tesis más reciente y moderada del minimalismo que sigue preservando la universalidad de, al menos, una regla recursiva, *merge*, defendida por HCF como el núcleo del lenguaje. ¿Sería esto un inconveniente para una teoría estructuralista externista como *TELES₃*?

Abordar esta cuestión requiere inevitablemente aludir al mediático debate “Everett *versus* Nevins, Pesetsky y Rodrigues” [Everett (2005b); Nevins, et al. (2009a); Everett (2009); Nevins, et al. (2009b)], aunque en realidad se trata de una discusión formal e improductiva, ya que los últimos se fundamentan principalmente en publicaciones anteriores del propio Everett, ante lo cual, éste replica su derecho a modificar sus teorías en función de nuevos datos.

Cabe recordar que el debate gira en torno al postulado de Everett, según el cual se da una relación causal entre lo que él denomina el *principio de inmediatez de la experiencia* (PIE) y el lenguaje, es decir entre la cultura y las lenguas. Se trata de un *determinismo cultural sobre el lenguaje*. Aunque Everett ratifica que no es whorfiano, en realidad sí acaba admitiendo algún

tipo de determinación del lenguaje sobre el pensamiento, en la medida en que la falta de cierto léxico imposibilita ciertas operaciones cognitivas (la ausencia de términos para los números no impide que los pirahã puedan reconocer ciertos números exactos referidos a objetos, pero implica que no pueden realizar con ellos ninguna otra operación que requiera más memoria). Estas últimas ideas de Everett (Frank, et al., 2008) exceden el contenido del debate propiamente, pero son una consecuencia del mismo. Volviendo al núcleo de la polémica, cabe decir que como efecto de ese PIE, el lenguaje queda restringido al ámbito de lo estrictamente *experienciable*. Eso da lugar a ausencias culturales (como la falta de mitos de la creación), léxico-semánticas (como la ausencia de términos para los números o los colores), y gramaticales (como la falta de recursión). Esto último es lo que ha hecho oportuno la entrada en escena de esta polémica en este artículo.

Centrémonos en los dos argumentos principales del debate. En primer lugar, que la relación causa-efecto entre el PIE y el lenguaje, no está suficientemente probada según sus adversarios [Levinson, Berlin y Pawley, en los *Comentarios* a Everett (2005b); y los propios NPR]. Todos ellos muestran que existen otras culturas con las mismas ausencias, y al revés, culturas semejantes sin dichas ausencias. Berlin aporta otra hipótesis más verosímil, a saber, la relación entre el grado de complejidad de las culturas y las gramáticas. Así, culturas muy simples manifiestan siempre gramáticas muy sencillas, con propensión a un orden lineal.

En segundo lugar, NPR sostiene que todas las lenguas, incluida la lengua pirahã, presentan recursividad concebida como *merge* o una variante, en la medida en que toman como *inputs* aplicaciones previas de ellas mismas, para generar un nuevo *output*. Ante esto Everett insiste en que el pirahã sí manifiesta *infinitud*, pero no recursión al estilo de *merge*, que posibilitaría estructuras de incrustación, de subordinación, de estructura de frase, etc. Todo esto excedería lo que puede hacer la lengua pirahã.

Al polemizar con Everett sobre este asunto, Zwart (2011) también sostiene que los pirahã sí tienen recursión concebida como *capas derivadas*, es decir, como *merge*, pero enfatiza el cómo se realiza el proceso de generación de estructuras recursivas, y no sólo el resultado. Zwart insiste en que para hablar de verdadera recursión hay que *no perder* la información de los ítems que integran cada estructura previamente generada, antes de dar lugar a un nuevo *output*. Los pirahã no tienen una recursión al estilo de una estructura de frase, pero sí estos *anidamientos* Lorenzo (2013) de capas derivadas.

De momento, mientras que Everett (y su mujer) sea el único hablante de pirahã externo a este pueblo, mientras los pirahã hablantes sean monolingües, mientras que no haya documentado ningún caso de algún bebé pirahã implantado en otra cultura desde su nacimiento, y mientras que no

se realicen estudios genéticos y con técnicas de neuroimagen, será muy difícil contar con pruebas objetivas que corroboren una u otra tesis.

Si la lengua pirahã tuviera recursividad concebida como se ha descrito en el primer apartado, es decir, como una incrustación de rama izquierda (lo que implicaría un sistema computacional con una elevada memoria de trabajo), entonces la afirmación de un lenguaje surgido en tres pasos (*protolenguaje, habla y recursión*) quedaría bien refrendada. Sin embargo, no se explicaría, en ese caso, la ausencia *fáctica* —en los pirahã— de capacidades mentales que requieren recursión, como *viaje en el tiempo* (Corballis, 2011) y los aspectos numéricos (Everett, 2005b).

Por otro lado, si pirahã, y al parecer otras lenguas, no tuvieran recursión, eso no sería un inconveniente para *TELES₃* (que se autodefine como una teoría *estructuralista externista*) ya que bajo su *lógica*, un determinado contexto lingüístico-cultural puede inducir el recableado epigenético final (relación “glosogenia-filogenia”) en la constitución del *sistema lingüístico neuronal funcional distribuido* propio de nuestra especie. Como toda variación epigenética se trata de un cambio potencialmente reversible (y potencialmente inducible), en función de las circunstancias “ambientales”, y es también un rasgo *adquirido pero heredable*.

En el marco de *TELES₃*, si los pirahã no tienen recursión como es concebida aquí, entonces podrían estar en lo cierto Corballis, Culicover y Levinson cuando afirman que tal vez se trate de una lengua vestigial de otra más compleja. Debido a la explicación *holística* que del *sistema lingüístico funcional distribuido* se viene haciendo, la ausencia de recursión en la lengua pirahã sería una evidencia de un sistema conceptual-intencional que no contaría tampoco con esta facultad.

6. CONCLUSIÓN

Tal como se recuerda al principio de este artículo, el lenguaje pudo haber evolucionado progresiva y abruptamente a la vez, con tres hitos importantes, a saber: (i) La emergencia por *simbiogénesis* (Margullis, Reid, Gould) de un *protolenguaje léxico-simbólico*, paso que debió acaecer en un homínido anterior a nuestra especie, probablemente en torno a *Homo habilis* u *Homo ergaster* (en África) hace entre 2 y 1.8 millones de años; hay evidencias paleoantropológicas que respaldarían esta hipótesis; las primeras vocalizaciones lingüísticas surgirían como una respuesta directa a la *construcción del nicho* (Bickerton, 2009); fueron el resultado de una asociación *fortuita* entre circuitos neurales responsables de los sistemas articulatorios-perceptivos y los circuitos neurales responsables del pensamiento simbólico; a partir de ese momento, el tándem “lenguaje-pensamiento simbólico” deviene un *sistema simbiótico* (Deacon, 1997) en el que la coevolución entre la *glosogenia* y la *filogenia* (Fitch, 2010b) da lugar a un *sistema computacional*

distribuido (Lieberman, 2000) y *débil* (Carruthers, 2006) cada vez más complejo; en sus primeros momentos, este protolenguaje incorporaría una capacidad combinatoria análoga a la de un *sistema computacional tipo 3*, o a la de un *autómata de estados finitos* ²² (Lorenzo, 2013); en consecuencia, presentaría la característica de *infinitud*, *iteración* tanto desde el punto de vista cognitivo como desde el punto de vista lingüístico; la sintaxis sería muy simple (“agente” / “objeto-acción”); “habla” muy básica; relacionado con mutaciones de genes responsables de la expansión del cerebro (MYH16), y de genes relacionados con el lenguaje (la primera de las dos últimas mutaciones recientes de FOXP2).

(ii) La emergencia del *habla* humana propiamente hace unos 200,000 años, tras más de un millón de años de evolución gradual como consecuencia de la presión selectiva; acaecen los cambios abruptos en la anatomía del tracto vocal de los humanos anatómicamente modernos, así como en los sistemas neurales responsables de su control, probablemente, como consecuencia de una nueva *asociación*, única en nuestra especie [Lieberman, 2006; Fitch, 2010b; Martínez, et al., 2012)], entre circuitos neurales corticales y subcorticales; es posible que, como consecuencia de la complejidad alcanzada en las vocalizaciones y el subsiguiente incremento del léxico, el *simbionte* lenguaje-pensamiento alcanzara una mayor complejidad computacional, lo que podría implicar la capacidad para la *recurrencia*, y algún tipo de *anidamiento*, pero muy limitado; tal vez podría establecerse una analogía con los *sistemas computacionales tipo 2*, o *autómatas de pila*.

(iii) La emergencia de la *recursividad* propiamente, es decir, de aquellas relaciones de dependencias de larga distancia que requieren de una gran cantidad de memoria de trabajo verbal; se manifiesta en los fenómenos cognitivos del *viaje en el tiempo*, de una *teoría de la mente*, de la numeración, la cuantificación y el cálculo (Corballis, 2011); asimismo, se manifiesta en las estructuras lingüísticas de *incrustación de rama izquierda*, o de *capas derivadas* (Zwart, 2011); relacionado con la última mutación del gen FOXP2 y con los genes ASPM y MCPH6 implicados en una reciente expansión del cerebro; simétrica y análogamente a las metáforas utilizadas en los estadios anteriores, la incorporación de esta facultad exclusivamente humana, surgida en coincidencia con las migraciones, sería equiparable a un *sistema computacional tipo 1* o un *autómata de pila incrementada* (Lorenzo, 2013).

Por último, las técnicas de neuroimagen implican al área de Broca en la recursividad lingüística tal como aquí es concebida, especialmente BA 44 y BA 45 (Folia, et al., 2011; y Friederici, et al., 2011). Esto no significa que la computación recursiva sea un módulo independiente. Existe todo un *circuito dorso-lateral prefrontal*, del que los ganglios basales constituyen la encrucijada principal, y que es responsable del *sistema lingüístico neural funcional distribuido* (Lieberman, 2000 y 2006).

- 1 Para una visión más completa acerca de *TELES₃* y de los dos primeros pasos propuestos, ver Escalonilla, A.: “Un módulo lingüístico emergido por *simbiogénesis* y adaptado para una gramática generativa no transformacional”. *Ludus Vitalis* 42 y Escalonilla, A., “*Salto funcionales en la evolución del lenguaje: de un protolenguaje léxico-simbólico distribuido al habla del humano anatómicamente moderno*”, *Ludus Vitalis* 44.
- 2 En realidad esta idea ha sido desarrollada, desde algún tiempo, por Guillermo Lorenzo y Sergio Balari (Balari, S., et al., 2013).
- 3 El concepto de “constricción biológica” tiene sus antecedentes en la *ortogénesis*, término acuñado por Wilhem Haacke (1893), que recalca el papel de factores internos al organismo como causa de la evolución. Más reciente subyace en los conceptos de *homología profunda*, *genes maestros*, *mecanismos del desarrollo*, o *simbiogénesis*.
- 4 Como sostiene Deacon (1997) al establecer que el lenguaje (y la recursión) surgen como simbioses del pensamiento simbólico.
- 5 Sauerland & Trozke (2011) recuerdan que la “autoincrustación” es una característica de los lenguajes (de sus estructuras), y la recursión es una característica de las gramáticas. En consecuencia, la autoincrustación implica recursión, pero no al revés.
- 6 Las ideas de Zwart se compadecen muy bien con las gramáticas generativas no transformacionales, como la *Simpler Syntax* de Culicover & Jackendoff (2005).
- 7 Hauser reconoce que él no es un minimalista radical. De hecho admite que cuando escribieron HCF (2002), Fitch y él entendían muy poco del minimalismo chomskiano (Hauser, 2010: 94).
- 8 Corballis (2011) refiere cómo pudieron originarse las migraciones desde África. Puede seguirse la estela de la humanización a través del ADNmt, esa forma de ADN (mitocondrial) que pasa intacta de generación en generación a través de las mujeres. No interviene en los procesos de recombinación de una célula eucariota. Los análisis de ADNmt han identificado cuatro linajes en África antes del éxodo de algunos miembros hace aproximadamente 60,000 años. Estos linajes se denominan *haplogrupos*. Se los etiqueta como *L0*, *L1*, *L2*, y *L3*. Luego se habla de otros dos linajes ya aparecidos fuera de África y que parece que se separaron de *L3*. Se trata de los linajes *M* y *N*.
- 9 Junto con sus colegas del grupo de investigación de la Universidad de Oviedo.
- 10 Obsérvese que “sistema computacional” no necesariamente es sinónimo de “estructura (neural)”. Lo primero sería un *fenotipo virtual funcional* resultado de un *fenotipo material* (la estructura de los circuitos neurales), conformado a su vez por factores genéticos y epigenéticos. En una dimensión ideal, no existe necesariamente una correspondencia biunívoca entre el sistema computacional y las estructuras neurales, de tal manera que distintas estructuras neurales podrían ser responsables de un mismo “sistema computacional” (secuenciador + memoria, con una misma función). Hablar de “homología” referido a los sistemas computacionales es sólo una metáfora. Por otro lado, eso no sería un inconveniente, y también lo es el concepto de “simbiogénesis” cuando en la teoría *TELES₃* se aplica a la conectividad de estructuras neurales que dan lugar a realidades biológicas distintas de la suma de sus partes. Esas asociaciones se dan entre estructuras

biológicas. Esta metáfora explica posibles eventos biológicos microscópicos por extensión de lo que sucede cuando observamos otros eventos biológicos macroscópicos, y por lo que sabemos acerca del origen de la célula eucariota, del origen de los líquenes, y de otros “holones” de vida. En una misma dimensión biológica sí cabe hablar de estructuras homólogas o análogas. Aplicar esas categorías a un sistema computacional es un error epistemológico, porque los sistemas computacionales no son unidades biológicas, sino modelos ideales. Un sistema computacional equivale a un fenotipo *virtual* funcional.

- 11 El resaltado en negrita en mío.
- 12 Ahora sí distingue muy bien Lorenzo entre el *fenotipo funcional computacional* y los *soportes físicos* responsables de ello.
- 13 Los estudios, *Brain Imaging Genetics (BIG) Project*, se realizaron en el Donders Centre for Cognitive Neuroimaging y el Department of Human Genetics of the Radboud University Nijmegen, en Holanda.
- 14 Asimismo, sostiene que en nuestro cerebro se han debido producir múltiples *integraciones innovadoras* (Reid, 2007: 367), es decir, *emergencias saltacionales asociativas*, como las que explicarían según *TELES₃*, los dos primeros pasos en la evolución del lenguaje.
- 15 Más bien se aproximaría a los modelos de *vida artificial* (término acuñado por Christopher Langton, en el transcurso de una conferencia en el Instituto de Santa Fe, Nuevo México, EUA) que, en efecto, se basan en el concepto de vida concebida como el ejemplo más acabado de estructuras complejas que surgen a partir de estructuras mucho más simples. Consideran la vida como una propiedad emergente resultado de la interacción entre sus elementos y de la dinámica propia del sistema.
- 16 Los fractales, aquellas estructuras de la naturaleza que se generan por la repetición incansable de un *proceso bien especificado* aparentemente irregular, están regidos por “atractores” (los valores entre los que se pueden generar estas estructuras), al margen del contexto en el que se produzcan. De la misma manera funciona el lenguaje con relación al medio (interno y externo).
- 17 Es un modelo acorde con la teoría del “mundo pequeño”, propuesta por primera vez en 1967 por el psicólogo social Stanley Milgram, tras sus experimentos para explicar las redes sociales humanas. Luego fue retomado por Duncan y Strogatz como modelo para el campo de los sistemas de computación y de las redes de información. La teoría explica la rapidez con la que se transmite la información entre dos elementos cualesquiera de la red, y que existe un pequeño número de nodos claves por donde circula un gran porcentaje del tráfico total. En el caso del lenguaje, como se ha venido manifestando, estos nodos clave serían los circuitos córtico-estriales desde el neocórtex hasta los ganglios basales pasando por el área de Broca.
- 18 No obstante, se tratará más extensamente este aspecto en el epígrafe acerca del debate sobre la lengua *pirahã*.
- 19 Acorde con los trabajos de Lieberman (2000).
- 20 Un mayor desarrollo de la influencia de Lieberman y de Carruthers en la organización multimodular-débil que de la mente hace *TELES₃*, en Escalonilla, A.: “Un módulo

lingüístico emergido por *simbiogénesis* y adaptado para una gramática generativa no transformacional”, *Ludus Vitalis* 42.

- 21 El idioma *pirahã* o *pirahán* (en *pirahã xapaitíiso*) es hablado por el pueblo del mismo nombre (*Hi'aíti'ihí'* en su propia lengua, “los erguidos”), que contaba con sólo unos 150 habitantes en 2004, y que viven en Brasil, a lo largo del río Maici, uno de los afluentes del río Amazonas. Se cree que esta lengua es el único miembro superviviente de la familia de lenguas múra-pirahã, mientras que los demás se han extinguido en épocas relativamente recientes. Por lo tanto, es técnicamente una lengua aislada, sin conexión con otros idiomas actuales. (n.d.)
- 22 El *carácter* computacional, es un *atributo* de los sistemas funcionales, pero no es una *sustancia subsistente por sí misma*.

REFERENCIAS

- Alfonseca, et al. (2007), *Teoría de autómatas y lenguajes formales*. Madrid: MacGraw Hill Interamericana.
- Balari, S. (2013), *Computational Phenotypes. Towards an Evolutionary Developmental Biolinguistics*. Oxford University Press.
- Berwick, R. C., y Chomsky, N. (2011). "The biolinguistic program: The current state of its development". In A.M. di Sciullo y C. Boeckx (eds.), *The Biolinguistic Enterprise: New Perspectives on the Evolution and Nature of the Human Faculty of Language*. Oxford: Oxford University Press, 19-41.
- Bickerton, D. (2009), *Adams Tongue. How Humans Made Language, How Language Made Humans*. New York: Hill & Wang.
- Bickerton, D. (2010), "On two incompatible theories of language evolution". In Larson, et al. (eds.), pp. 199-210.
- Bickerton, D. (2014), *More Than Nature Needs. Language, Mind, and Evolution*. Cambridge: Harvard University Press.
- Calvin, W. y D. Bickerton (2000/2001), *Lingua ex machina. La conciliación de las teorías de Darwin y Chomsky sobre el cerebro humano*. Barcelona: Ed. Gedisa.
- Carruthers, P. (2006), *The Architecture of the Mind*. New York. Oxford University Press.
- Coop, et al. (2008), "High-resolution mapping of crossovers reveals extensive variation in fine-scale recombination patterns among humans". *Science* 5868: 1395-1398. DOI: 10.1126/science.1151851.
- Corballis, M. (2007b), "Recursion, language, and starlings". *Cognitive Science* 31: 697-704.
- Corballis, M. (2010), "Did language evolve before speech?" In Larson, et al. (eds.), pp. 115-123.
- Corballis, M. (2011), *The Recursive Mind. The Origins of Human Language, Thought, and Civilizations*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Culicover, P.W. & Jackendoff, R. (2005), *Simpler Syntax*. New York. Oxford Univ. Press.
- Chomsky, N. (1957), *Syntactic Structures*. Mouton de Gruyter. The Hague. Berlin.
- Chomsky, N. (1995), *The Minimalist Program*. MIT. USA.
- Chomsky, N. (2005), "Three factors in language design". *Linguistic Inquiry* 36: 1-22.
- Chomsky, N. (2007), "Approaching UG from below". In U. Sauerland y H.M. Gärtner (eds.), *Interfaces + Recursion = Language? Chomsky's Minimalism and the View from Syntax-Semantics*. Berlín: de Gruyter, pp. 1-29.
- Chomsky, N. (2010), "Some simple evo devo theses: How true might they be for language". In R.K. Larson, V. Déprez y H. Yamakido (eds.), *The Evolution of Language. Biolinguistic Perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 45-62.
- Deacon, T.W. (1997), *The Symbolic Species: The Co-Evolution of Language and the Brain*. New York: W.W.Norton.
- Dor, D. & Jablonka, E. (2010), "Plasticity and canalization in the evolution of linguistic communication: an evolutionary developmental approach". In Larson, et al. (eds.), pp. 135-147.

- Enard et al. (2002b), "Molecular evolution of FOXP2, a gene involved in speech and language", *Nature* 418: 869-872.
- Everet, D. (2005b), "Cultural constraints on grammar and cognition in pirahã. Another look at the design features of human language", *Current Anthropological* 46, 4: 621-646.
- Everett, D. (2007/2009), "Cultural constraints on grammar in Pirahã. A replay to Nevins, Pesetsky, and Rodrigues (2007)". *Language* 85, 2: 405-442.
- Fitch, T.W. (2010a), "Three meanings of 'recursion': key distinctions for biolinguistic". In Larson et al. (eds.), 2010: 73-90. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fitch, T.W. (2010b), *The Evolution of Language*. Cambridge: Cambridge University Press
- Fitch, W. T., & Hauser, M. D. (2004), "Computational constraints on syntactic processing in a nonhuman primate". *Science* 303: 377-380.
- Folia, V., et al. (2011), "Implicit artificial syntax processing: genes, preference, and bounded recursion". *Biolinguistics* 5, 1-2: 105-132.
- Frank, M. C. et al. (2008), "Number as a cognitive technology: Evidence from Pirahã language". *Cognition* 108: doi:10.1016
- Friederichi, A., et al.(2011) : "The Neural Basis of Recursion and Complex Syntactic Hierarchy". *Biolinguistics* 5, 1-2: 87-104.
- Gärdenfors, P. & Osvath, M. (2010), "Language and interface systems". In Larson et al. (eds.), pp. 103-114. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gentner, T. Q., et al. (2006), "Recursive syntactic pattern learning by songbirds", *Nature* 440: 1204-1207.
- Hauser, M. (2010), "On obfuscation, obscurantism, and opacity: evolving conceptions of the faculty of language". In Larson, et al. (eds.), pp. 91-99.
- Hauser, M., Chomsky, N. & Fitch, T. (2002), "The faculty of language: what is it, who has it, and how did it evolve?" *Science* 298: 1569-1579.
- Hoffecker, J. (2007), "Representation and recursion in the archaeological record", *Journal of Archaeological Method and Theory* 14 (4): 359-387. DOI: 10.1007/s10816-007-9041-5.
- Jackendoff, R. (2002), "An evolutionary perspective on the architecture". In *Foundations of Language: Brain, Meaning, Grammar, Evolution*. New York. Oxford Univ. Press.
- Jackendoff, R. (2010), "Your theory of language evolution depends on your theory of language". In Larson et al. (eds.), pp. 63-72.
- Lieberman, Ph. (2000), *Human Language and our Reptilian Brain*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Lieberman, Ph. (2006), *Toward an Evolutionary Biology of Language*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Lorenzo, G. (2013), *Biolingüística. La nueva síntesis*. Oviedo: Editorial Universitaria de Oviedo
- Mellars, P. (2006a), "Neanderthal symbolism and ornament manufacture: The bursting of a bubble?" *Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America* 107, 47: 20147-20148. Doi: 10.1073/pnas.1014588107
- Nevins, A., et al. (2009a), "Pirahã exceptionality: a reassessment", *Language* 85, 2: 355-404.
- Nevins, et al. (2009b), "Evidence and argumentation. A replay to Everett (2009)". *Language* 85, 3: 671-681.

- Reid, G.B. (2007), *Biological Emergences. Evolution by Natural Experiment*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Tattersal, I. (1998), "Neanderthal genes: What do they mean?" *Evolutionary Anthropology* 5, 5: 157-158.
- Tattersal, I. (2010), "A putative role for language in the origin of human consciousness". In Larson, et al. (eds.), pp. 193-198.
- Zwart, J.W. (2011), "Recursion in language: a layered-derivation approach", *Biolinguistics* 5, 1-2: 43-56.