

UN ANÁLISIS COMPUTACIONAL DE LAS LÍNEAS PREHISTÓRICAS: DISEÑOS GEOMÉTRICOS Y LENGUAJE

A computational analysis of prehistoric lines: geometric engravings and language

Víctor Manuel LONGA

Dpto. de Literatura Española, Teoría de la Literatura y Lingüística General. Facultad de Filología. Avda. Castelao, s/n. 15782 Santiago de Compostela. Correo-e: victormanuel.longa@usc.es

Recepción: 06/07/2012; Revisión: 26/07/2012; Aceptación: 20/11/2012

BIBLID [0514-7336 (2013) LXXI, enero-junio; 15-43]

RESUMEN: El enfoque usual en Paleontología y Arqueología ha sido analizar los restos prehistóricos desde la perspectiva de la conducta con la que pudieron asociarse –simbólica, tecnológica, social, etc.–. En lo que respecta al lenguaje, la presencia de objetos simbólicos en el registro arqueológico se ha tomado como indicador automático de la existencia de lenguaje complejo en la Prehistoria. Este trabajo presenta un enfoque muy diferente: analizar los restos prehistóricos desde la perspectiva de los procesos y las capacidades computacionales mentales requeridas para producir esos objetos. Esta perspectiva deja de lado la ‘semántica’ de las piezas –su posible carácter simbólico o representacional–, para centrarse en el análisis de rasgos puramente formales que revelen una complejidad computacional semejante a la del lenguaje. El artículo analiza desde esa perspectiva (1) los diseños geométricos producidos en el Paleolítico medio e inferior de Eurasia por especies como *Homo neanderthalensis* y quizás *Homo heidelbergensis*, y (2) los diseños geométricos producidos durante la Edad de la Piedra Media africana por los Humanos Anatómicamente Modernos. La comparación en términos computacionales entre ambos tipos de diseños permite inferir el tipo de lenguaje asociado a esas especies.

Palabras clave: Evolución lingüística. Diseños geométricos. Jerarquía de Chomsky. Complejidad computacional. Autómatas. Sensibilidad al contexto. Simbolismo.

ABSTRACT: Paleontology and Archaeology have usually analyzed prehistoric remains from the perspective of the behavior those remains could be associated with –symbolic, technological, social, etc. –. As regards language, symbolic objects of the archaeological record have been considered to automatically indicate the existence of complex language in Prehistory. This paper brings a very different approach to the fore: to consider prehistoric remains from the perspective of the mental computational processes and capabilities required for their production. This approach is not concerned with the ‘semantics’ of the pieces –i.e. their alleged symbolic or representational nature–, but it is interested in the analysis of purely formal features revealing a language-like computational complexity. Starting from such a view, the paper analyzes (1) geometric designs from the Eurasian Middle and Lower Palaeolithic made by species like *Homo neanderthalensis* and perhaps *Homo heidelbergensis*, and (2) geometric designs from the African Middle Stone Age, made by Anatomically Modern Humans. The computational comparison between both types of designs makes it possible to infer the kind of language those species were endowed with.

Key words: Language evolution. Geometric designs. Chomsky hierarchy. Computational complexity. Automata. Context-sensibility. Symbolism.

1. Introducción¹

Actualmente, el origen y evolución del lenguaje tiene gran interés (Longa, 2005); sin embargo, ante la ausencia obvia de evidencias directas, es obligado basarse en evidencias indirectas. De entre las muchas usadas, la principal es buscar indicios de simbolismo en el registro arqueológico, dada la asunción general en Paleoantropología de que “abstract and symbolic behaviors imply language” (McBrearty y Brooks, 2000: 486). Según esta aproximación, la presencia de objetos simbólicos en el registro indica automáticamente la existencia de lenguaje complejo² en quienes hicieron esos objetos, infiriendo así el lenguaje a partir del simbolismo. Por tanto, esta aproximación analiza los restos prehistóricos desde la perspectiva de la conducta con la que pudieron asociarse –simbólica en este caso, tecnológica en otros, etc.–.

Este trabajo plantea una posibilidad muy diferente para leer el registro arqueológico: considerar los objetos prehistóricos según los procesos y capacidades computacionales mentales requeridas para producir tales objetos. Esta perspectiva, que deriva de la lingüística formal chomskiana y adopta una visión computacional de la mente (Fodor, 1975; Gallistel y King, 2009) y del lenguaje (Chomsky, 1980, 1995 y 1998), rastrea en los objetos prehistóricos rasgos puramente formales³ que muestren

¹ Artículo elaborado en el marco del proyecto “Biolingüística: evolución, desarrollo y fósiles del lenguaje” (FFI2010-14955), subvencionado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y cofinanciado parcialmente por fondos FEDER. Deseo agradecer al Dr. Guillermo Lorenzo sus sugerencias a una versión inicial de este trabajo, las detalladas indicaciones de los revisores anónimos de *Zephyrus* y a David Hernández Suárez por su inestimable ayuda con la preparación de las imágenes.

² Donde ‘lenguaje complejo’ significa “human language in the modern sense” (Arbib, 2005: 21), esto es, un lenguaje sintáctico –jerárquico y recursivo–.

³ Un análisis formal (aunque muy diferente al computacional realizado aquí) ha sido efectuado por algunos autores, como d’Errico (2001), que estudia los sistemas de notación prehistóricos. Como escribe d’Errico (2001: 38), “The importance of this approach is that it classifies AMS’s [Artificial Memory Systems; VML] on the basis of the formal, and probably invariable, elements that play a role in elaborating any type of AMS code and not on features specific to each particular AMS, such as its function or the meaning attributed to the signs”.

una complejidad computacional en la mente de sus hacedores semejante a la requerida para el lenguaje. Por ello, la perspectiva computacional no se basa en la ‘semántica’ de la pieza –su significado o su supuesto simbolismo; cf. nuestro apartado 6–. Para implementarla, el único requisito es que una pieza fuera intencional, pero es irrelevante que la intencionalidad respondiera o no a un propósito simbólico.

La perspectiva computacional sobre los objetos prehistóricos fue propuesta por Piattelli-Palmarini y Uriagereka (2005) y por Camps y Uriagereka (2006). Ambos trabajos sostienen que, dado que los nudos presuponen un poder computacional semejante al necesario para el lenguaje, los indicios de nudos en el registro arqueológico son evidencia de capacidades sintácticas complejas (cf. también Balari *et al.*, 2011, 2012). Mi artículo pretende extender esa hipótesis de manera original a otros dominios: en concreto, analizaré computacionalmente los diseños geométricos del Paleolítico inferior y medio de Eurasia –Neandertales y Heidelbergensis– y de la Edad de la Piedra media africana –humanos anatómicamente modernos, en adelante HAM–. Aunque esos diseños tienen naturaleza no lingüística, mostraré que ciertos rasgos formales de ellos revelan un grado de complejidad computacional equiparable al necesario para construir oraciones. Esto puede arrojar luz sobre la candente cuestión de qué especies homínidas tuvieron lenguaje complejo. En otras palabras, el artículo mostrará que las líneas prehistóricas ‘hablan’, al permitir deducir si la especie que las hizo estaba preparada computacionalmente para el lenguaje. Por ello, el trabajo asume, como Ingold (2007), que las líneas son muy relevantes, aunque por razones completamente diferentes a las suyas.

Como principal objetivo, el artículo sugiere que la perspectiva computacional, procedente de la lingüística, puede erigirse en una herramienta metodológica muy útil e informativa para la Paleoantropología en la búsqueda de la evolución de las capacidades cognitivas y lingüísticas humanas, que permita analizar desde otro prisma los restos arqueológicos.

El artículo se organiza así: el apartado 2 presenta las bases de la perspectiva computacional, y el 3 la ilustra con el análisis que la originó, los

indicios de nudos en el registro arqueológico. Ambos apartados preparan el terreno para los siguientes, 4 y 5, que analizan los diseños geométricos prehistóricos. En concreto, el 4 aborda los diseños producidos en el Paleolítico inferior y medio de Eurasia por especies anteriores a los HAM, y el 5 hace lo propio con los diseños realizados por los HAM en la Edad de la Piedra media africana. El análisis comparativo entre ambos tipos de diseños indica un claro contraste, que permite extraer conclusiones sobre el tipo de lenguaje asociado a esas especies homínidas. El apartado 6 sugiere algunas posibles ventajas del enfoque computacional sobre otros tipos de evidencia, y en especial el simbólico. El apartado 7 sintetiza las principales conclusiones.

2. Las bases de la perspectiva computacional

Este apartado introducirá las bases del análisis computacional de los objetos prehistóricos, que permite inferir aspectos de la arquitectura mental de los homínidos y más específicamente el tipo de lenguaje a ellos asociado. Antes, téngase en cuenta que la noción de lenguaje es ambigua, pues puede aludir a muy variados aspectos: culturales, sociales, etc. Pero no son estos los propios del enfoque biolingüístico chomskiano del que deriva la perspectiva computacional. Así, para evitar confusiones terminológicas, en vez de la noción genérica de ‘lenguaje’, usaré la de ‘facultad del lenguaje’ –en adelante FL– para referirme al objeto biológico, innatamente asentado, que apareció durante la filogenia humana.

Desde esa perspectiva, FL, equiparable con la sintaxis, es un sistema natural de computación que reside en la mente-cerebro de todos los componentes de la especie humana, salvando patologías; ‘computacional’ implica que es un sistema de procesamiento de información basado en la capacidad de manipular elementos mentales, y ‘natural’ significa que FL es un órgano mental (Anderson y Lightfoot, 2002; Chomsky, 1980, 1988, 1995, 1998, 2000, 2002; Hauser *et al.*, 2002) de carácter biológico y restringido –al menos, actualmente– a nuestra especie (Longa, 2012a); esto es, FL es una propiedad innata caracterizada por su ilimitado poder combinatorio.

Desde la óptica de la arquitectura mental, FL es una facultad-puente que interconecta dos sistemas limítrofes a ella: Articulatorio-Perceptivo –encargado de producir y recibir gestos vocales/manuales– y Conceptual-Intencional –encargado de producir pensamientos y actitudes intencionales–. FL causa que las representaciones generadas por ambos sistemas –sonidos/gestos y significados– se hagan mutuamente accesibles: el sistema computacional o FL toma elementos del léxico y los vincula mediante procedimientos jerárquicos, dando lugar a una capacidad combinatoria máximamente productiva.

Por ello, la perspectiva computacional sobre el registro prehistórico no persigue relacionar objetos con la conducta –simbólica, etc.– con que pudieron asociarse, pues FL es un sistema mental y no una conducta, sino que acomete un análisis puramente formal de esos objetos que revele capacidades computacionales cuyo nivel de complejidad sea semejante al del lenguaje. Desde esa perspectiva, la clave es determinar qué tipo de algoritmo, y de complejidad asociada a él describe computacionalmente un procedimiento regido por reglas⁴.

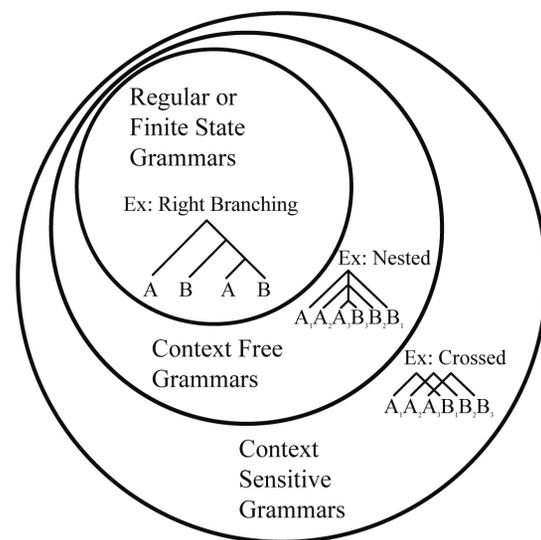


FIG. 1. Jerarquía de Chomsky (según Petersson *et al.*, 2012: 84).

⁴ Como escriben Savitch *et al.* (1987: xi), “A computable process is simply one that can be carried out by an algorithm”; en este sentido utilizo el término ‘computacional’.

Para implementar esa perspectiva, la ‘jerarquía de Chomsky’ (Fig. 1) es un instrumento muy útil (Chomsky, 1956, 1959; Levelt, 2008; Balari y Lorenzo, 2009, y especialmente la extraordinaria exposición de Balari y Lorenzo, 2013: caps. 1 y 5). La jerarquía establece diferentes tipos de lenguajes formales y de gramáticas correspondientes ordenadas en una escala creciente de complejidad. Al tiempo, la teoría de lenguajes y gramáticas se vincula estrechamente con la teoría de autómatas, que estudia el poder computacional de estas máquinas abstractas, según los problemas que pueden resolver. De hecho, según Levelt (2008: 2), gramáticas y autómatas pueden ser meras variantes notacionales; por ello, los autómatas se suelen clasificar según las clases de lenguajes formales que pueden reconocer.

Así pues, la jerarquía de Chomsky puede determinar el tipo de algoritmo que describe computacionalmente una tarea. En otras palabras, establece límites, superior e inferior, sobre las capacidades computacionales, caracterizando varios regímenes computacionales entre esos límites e identificando sus rasgos abstractos.

La jerarquía, de tipo inclusivo –cada tipo superior incluye a los inferiores– es esta:

- Tipo 3: sistema regular; poder computacional equivalente a un autómata de estados finitos,
- Tipo 2: sistema libre de contexto; poder computacional equivalente a un autómata con pila,
- Tipo 1: sistema sensible al contexto; poder computacional equivalente a un autómata acotado linealmente⁵.

A continuación introduciré las bases conceptuales de la jerarquía y esbozaré las propiedades de cada uno de los tipos definidos por ella, comenzando por el menos potente computacionalmente. Un sistema de Tipo 3, sistema regular, solo puede tratar secuencias cuya estructura, independientemente

⁵ El último régimen de la jerarquía –Tipo 0, sistema irrestricto–, cuyo equivalente es una máquina Turing, es ignorado en la discusión, dado su enorme poder, pues dispone de recursos infinitos de espacio y tiempo. Por ello, no existe equivalente de este tipo en los sistemas naturales de computación.

de su longitud, se basa en pasos secuenciales. Por ello, puede generar un lenguaje formal como ‘a*’ –reiterar ‘a’ n veces– o ‘a_nb_m’ –donde el número de reiteraciones de ‘aes’ y ‘bes’ es diferente–. El orden lineal no es problema para el Tipo 3, pues los elementos siguen un orden estricto: desde un estado finito n a otro $n+1$.

Aunque el Tipo 3 puede hacer computaciones de cierta complejidad, presenta una limitación severa: el autómata asociado a él, de estados finitos, carece de memoria, por lo que no puede almacenar ningún elemento para usarlo posteriormente⁶. Por esta razón, ese régimen no puede generar/reconocer un lenguaje como ‘a_nb_n’, pues para ello precisamente debe guardarse en la memoria computacional el número de ‘aes’ para obtener idéntico número de ‘bes’. Para ese lenguaje hace falta un régimen más potente, Tipo 2 –gramática libre de contexto–. La razón de que este tipo sea computacionalmente más potente es que, frente al Tipo 3, tiene memoria. De hecho, el autómata con pila, equivalente del Tipo 2, tiene un mecanismo de almacenaje externo; por ello, puede generar/reconocer a_nb_n, al poder almacenar el número de ‘aes’ hasta la generación de la última ‘b’ de la serie, emparejando el número de ‘bes’ con el de ‘aes’. Así, un conjunto regular de reiteraciones de un elemento seguido por ese mismo número de reiteraciones de otro elemento solo es generable con un régimen de Tipo 2.

Sin embargo, el Tipo 2 también presenta limitaciones: la principal es que la cantidad de memoria del autómata con pila es limitada. Por tanto, no puede tratar un lenguaje como a_nb_nc_n. Para generar este, hace falta una memoria más potente: no solo debe almacenarse el número de ‘aes’ sino también el de ‘bes’, para emparejar el de ‘ces’ con ambos. Para esta tarea, hace falta un régimen de Tipo 1, sensible al contexto, o, equivalentemente, un autómata acotado linealmente, cuya memoria es más rica, con pilas dentro de pilas que permiten computaciones más potentes.

Un aspecto central de los tipos computacionales y autómatas asociados es su capacidad de tratar dependencias o relaciones a larga distancia –en

⁶ ‘Memoria’ (computacional) implica simplemente la capacidad de almacenar instrucciones para que sean usadas en etapas posteriores de la computación (Camps y Uriagereka, 2006; Balari *et al.*, 2011).

adelante DLDs—, centrales en el lenguaje y también en el análisis que desarrollaré de los diseños geométricos. Una DLD es una relación entablada entre dos elementos no adyacentes $[A_1 \dots B_1]$ en la cual uno de ellos debe ser emparejado por el otro dentro de un espacio de búsqueda, resolviendo así la dependencia. ¿Cómo tratan los tres tipos computacionales esas relaciones?

Para el Tipo 3 la respuesta es diáfana: ya que un autómata de estados finitos carece de memoria, no puede procesar ninguna DLD, pues una DLD supone guardar en la memoria un elemento $-A_1$ en el ejemplo de arriba— hasta ser emparejado por B_1 , resolviendo así la dependencia. Es inviable hacer eso sin memoria.

Muy diferente es el caso del Tipo 2, sistema libre de contexto. Ya que su autómata equivalente, autómata con pila, tiene un mecanismo de memoria, puede tratar DLDs, pero se limita al procesamiento de una sola cada vez. Si retomamos el lenguaje $'a_n b_n'$ y lo proyectamos en una gramática libre de contexto (Balari y Lorenzo, 2013: cap. 5 o nuestra Fig. 1), tenemos la estructura mostrada en la Fig. 2.

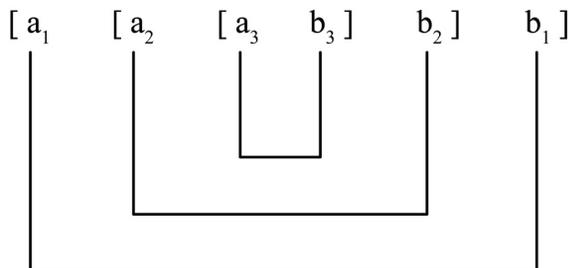


FIG. 2. Dependencias anidadas.

En ella hay dependencias anidadas —recursión—, parte importante del lenguaje natural, y que implican relaciones de incrustación: dentro de $[a_1 b_1]$ se incrusta $[a_2 b_2]$, en la cual a su vez se incrusta $[a_3 b_3]$, produciendo DLDs. Pero dadas las limitaciones de memoria del autómata con pila, solo se puede mantener en la memoria y resolver una DLD cada vez: la pila de memoria almacena las 3 'aes' y las libera según se van añadiendo 'bes': cuando se resuelve $[a_3 b_3]$, se procesa $[a_2 b_2]$, y finalmente $[a_1 b_1]$. De ahí la limitación de la pila: el último elemento almacenado debe ser el

primero usado, por lo cual solo es posible procesar una DLD en cada etapa.

Por esta razón, un régimen de Tipo 2 no puede procesar una estructura como la mostrada en la Fig. 3. Esta estructura presenta DLDs cruzadas, que precisan almacenarse simultáneamente hasta que se resuelven; esta necesidad de mantener en la memoria varios subconjuntos de cadenas al tiempo solo la puede satisfacer un autómata acotado linealmente, equivalente al Tipo 1 —gramática sensible al contexto—, pues ese autómata no trabaja con la parte última de la pila, sino con cualquier parte de ella; de hecho, con varias partes simultáneamente, dada su estructura de pilas dentro de pilas.

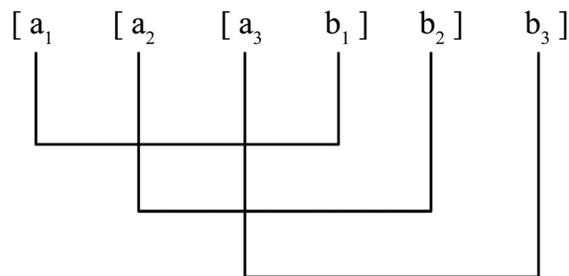


FIG. 3. Dependencias cruzadas.

Si pasamos al lenguaje natural, las DLDs son centrales, pues se plasman en muchos fenómenos, como, entre otros:

- Concordancia: Pedro₁ a menudo come₁ carne
- Ligamiento: El profesor₁ cree que ese retrato de sí mismo₁ es inadecuado
- Desplazamiento: ¿Qué₁ dijiste que estabas leyendo ____₁?⁷

Una pregunta fundamental es en qué tipo de la jerarquía de Chomsky se sitúa el lenguaje natural. Tras mucho debate, actualmente existe un amplísimo consenso, del cual participa la gran mayoría de autores, tanto de la corriente chomskiana como de otras ajenas a ella, en que el

⁷ El pronombre interrogativo 'qué', generado en la posición de objeto de 'leer', se desplaza hasta la posición inicial para formar la interrogativización.

lenguaje se inserta en el Tipo 1, gramática sensible al contexto⁸. La razón es la presencia de DLDs cruzadas, que requieren un régimen computacional

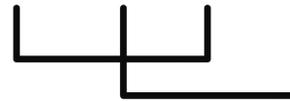
⁸ Más exactamente, se inserta en una zona del Tipo 1 denominada ‘suavemente dependiente del contexto’ (Joshi, 1985), pues mientras ciertas estructuras del lenguaje, como las que presentan DLDs cruzadas, son solo tratables con el Tipo 1, otras estructuras, como las que tienen dependencias anidadas, son tratables mediante el Tipo 2. Esto significa que el lenguaje no presupone todo el poder posibilitado por las gramáticas sensibles al contexto. Recuérdate que la jerarquía de Chomsky es inclusiva.

Por otro lado, un revisor anónimo de *Zephyrus* señala que, tipológicamente, las lenguas del mundo presentan diversos grados de complejidad, sin que esto afecte a su capacidad comunicativa. No es claro, sin embargo, qué significa “diversos grados de complejidad”; ciertamente, las lenguas exhiben muy diferentes mecanismos (sintácticos, gramaticales o morfológicos) y tipos de organización, pero la investigación lingüística ha establecido categóricamente que lo dicho no significa que esos diferentes mecanismos se puedan disponer en una escala de complejidad, de modo que haya mecanismos más complejos y otros más simples. Esto supondría la existencia de lenguas más complejas y otras menos complejas, esto es, más primitivas; sin embargo, “Cada vez que se describe una lengua ignota hasta ahora, se constata una vez más que no hay lenguas primitivas. Por tanto, la duda sobre si existen estas lenguas o no, no tiene ningún fundamento empírico hoy por hoy [...]” (Moreno Cabrera, 2000: 32-33). Todas las lenguas tienen un grado de complejidad computacional erigido a partir de una complejidad estructural que es equivalente entre sí, como señala Crystal (2010: 6-7): “The fact of the matter is that every culture which has been investigated, no matter how ‘primitive’ it may be in cultural terms, turns out to have a fully developed language, with a complexity comparable to those of the so-called ‘civilized’ nations [...] All languages have a complex grammar: there may be relative simplicity in one respect (e.g. no word endings), but there seems always to be relative complexity in another (e.g. word position)”.

En este sentido recientemente ha surgido una polémica sobre el Pirahã, una lengua amazónica. Everett (2005) sostiene que esta lengua carece de rasgos supuestamente universales del lenguaje, como cuantificadores, la propiedad de recursión, etc. Sin embargo, Nevins *et al.* (2009) muestran que esas supuestas carencias no son tales: “We find no evidence, for example, that Pirahã lacks embedded clauses, and in fact find strong syntactic and semantic evidence in favor of their existence in Pirahã” (Nevins *et al.*, 2009: 355). De ese modo, “some of Pirahã supposed ‘inexplicable gaps’ (both linguistic and cultural) are illusory, nonexistent, or not supported by adequate evidence, and that the remaining linguistic ‘gaps’ are shared with languages as diverse as German, Chinese, Hebrew, Wappo, and Adyghe” (Nevins *et al.*, 2009: 356).

más potente que el Tipo 2. Trabajos como Huybregts (1976) o Bresnan *et al.* (1987) mostraron que el holandés tiene ese tipo de dependencias entre los verbos y sus argumentos, como se aprecia en la Fig. 4.

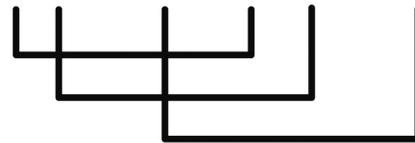
... dat Jan de kinderen zag zwemmen



... que Jan los niños vio nadar

Trad.: ... que Jan vio nadar a los niños

dat Jan Piet de kinderen zag helpen zwemmen



... que Jan Piet los niños vio ayuda nadar

Trad.: ... que Jan vio a Piet ayudar a nadar a los niños

FIG. 4. Dependencias cruzadas en holandés (elaborado a partir de Bresnan *et al.*, 1987: 287-288).

Dado que “there is no context-free grammar [Tipo 2; VML] that can assign the correct structural description to Dutch cross-serial dependency constructions” (Bresnan *et al.*, 1987: 314), para tratar las DLDs cruzadas hace falta una gramática de Tipo 1, sensible al contexto. En realidad, esas DLDs cruzadas impregnan cualquier lengua, como el español:

- Juan₁ sabe que cuando Ana₂ se₁ lo arregla se₂ siente bien
- Si₁ estudias la jerarquía de Chomsky₂, entonces₁ la₂ entenderás
- El profesor₁₊₂ que estudia₂ la jerarquía de Chomsky₃ ha₁ publicado mucho sobre ella₃

En resumen, las computaciones lingüísticas emplean potentes recursos de memoria, presueltos por un régimen computacional de Tipo 1.

La exposición permite apreciar, como enfatizan Balari y Lorenzo (2009, 2013) o Balari *et al.* (2011), que la diferencia entre los niveles de la jerarquía de Chomsky, traducida en los varios grados de complejidad computacional, no afecta al sistema computacional en sí mismo, sino a la memoria asociada a él: “The progression up the scale of complexity is a function of the changes introduced in the memory system, with no other modification of any fundamental property of the computational system being necessary” (Balari y Lorenzo, 2009: 35)⁹. Así pues, cuanta más memoria, mayor poder computacional: un sistema computacional sin memoria –Tipo 3– será menos potente que uno con memoria –Tipos 2 y 1–, y dentro de los sistemas con memoria, uno de Tipo 2 –memoria básica– será menos potente que el de Tipo 1, con recursos memorísticos más sofisticados.

Por todo lo señalado, la jerarquía de Chomsky es una referencia muy útil para investigar la complejidad de problemas computables, pues cualquier problema tratable computacionalmente será vinculable a algunos de los tipos, cada uno de los cuales conforma un sistema computacional –o fenotipo computacional, según Balari y Lorenzo (2009, 2013), caracterización abstracta de los modelos de computación vinculables a un organismo–.

La aplicación de esta perspectiva puede mostrar si una especie homínida tenía los requisitos computacionales necesarios para el lenguaje complejo. Esto no es posible directamente, pues el lenguaje no fosiliza, pero un modo indirecto de hacerlo es analizar los objetos del registro arqueológico, para determinar en qué grado de la jerarquía de Chomsky se situaban las capacidades computacionales requeridas para hacerlos. Por ejemplo, si la complejidad formal de las computaciones necesarias para hacer una tarea –diseño geométrico, punta Levallois, representación parietal, etc.–

⁹ Desde presupuestos diferentes, Petersson *et al.* (2012: 84) coinciden en ello: “From the point of view of computability theory, the Chomsky hierarchy is in essence a memory hierarchy, which specifies the necessary (minimal) memory resources required for a given level of computational expressivity”.

equivale al poder computacional de un autómata de estados finitos, el sistema computacional de esa criatura sería del Tipo 3, incapaz de soportar lenguaje complejo¹⁰; si equivale a un autómata con pila, su sistema computacional sería de Tipo 2, capaz de soportar rasgos importantes del lenguaje –dependencias anidadas– pero no otros –DLDS cruzadas–, mientras que si equivale a un autómata acotado linealmente, el sistema computacional de la criatura estaría preparado para el lenguaje complejo, inscrito en el Tipo 1. Por tanto, esta perspectiva observa el registro arqueológico con una ‘lente gramatical’ (Balari *et al.*, 2011).

Llegados aquí, son necesarias tres precisiones. En primer lugar, es obvio que los objetos del registro no son lingüísticos, pero aun así es posible inferir indirectamente –cualquier aproximación a la evolución del lenguaje se basa en evidencias indirectas– lenguaje en la mente de quien los hizo. Esta empresa es factible porque, como señalan Balari *et al.* (2011: 10), FL contacta con otros sistemas mentales y, mediante ellos, con la cognición general. Existen tres opciones en caso de encontrar un objeto que presupone, por ejemplo, la propiedad de sensibilidad al contexto –Tipo 1–: (1) que esa propiedad esté completamente desvinculada de FL, (2) que se vincule con algún interfaz con FL o (3) que derive de un sistema computacional inespecífico, utilizado tanto por el lenguaje como por cualquier otra tarea cognitiva –o motora– hecha por un organismo. Sin duda, (1) no es realista, pues implicaría diferentes propiedades de sensibilidad al contexto con idénticas propiedades computacionales pero completamente desvinculadas entre sí, y esto no es parsimonioso. En cuanto a (2) y (3), Chomsky ha sostenido insistentemente un sistema computacional específico de dominio para el lenguaje (opción 2), aunque la opción (3), consistente en un sistema computacional inespecífico, es sostenida en trabajos como Balari y Lorenzo (2009, 2013) y Balari *et al.* (2012).

La segunda precisión alude a la plausibilidad neuroanatómica y evolutiva del enfoque computacional, que, al tiempo, permite favorecer claramente la opción (3) sobre (2). Aunque se debate

¹⁰ Por supuesto, eso no significa que exista un autómata dentro del cerebro, sino que esta perspectiva caracteriza modelos abstractos de las capacidades computacionales.

la caracterización específica del sustrato neural del mecanismo computacional, es claro que ese mecanismo se basa en la actividad coordinada de áreas cerebrales corticales y subcorticales. En este sentido, la perspectiva sostenida aquí encuentra apoyo en la Gramática de los Ganglios Basales de Lieberman (2000, 2006). Según Lieberman (2006: 207 y ss.), esa gramática constituye un sistema computacional formado por circuitos que participan, entre otras muchas tareas, en la programación motora del habla y la comprensión de oraciones. La gramática resulta de dos componentes: un secuenciador o generador de patrones localizado en áreas subcorticales –ganglios basales– implicado en tareas motoras y cognitivas, y una memoria de trabajo situada en áreas corticales. Ambos componentes se correlacionan con lo planteado aquí: las diferencias entre los tipos de la jerarquía no residen en el sistema computacional *per se*, sino en la cantidad de memoria de trabajo a su disposición. Esto también tiene sentido evolutivamente: las estructuras subcorticales son mucho más antiguas y conservadoras que las corticales (Balari y Lorenzo, 2009, 2013).

Sobre esta cuestión, uno de los revisores de esta revista plantea un comentario cuya respuesta ayudará a clarificar más mi posición. Según el revisor, puede ser problemático establecer un paralelismo entre un código verbal como el lenguaje y uno visual como el plasmado en los diseños geométricos, dado que las redes neuronales implicadas en cada una de estas actividades no eran coincidentes. Sin embargo, no es esta predicción la que efectúa el modelo de Lieberman, como el propio autor sostiene: “The basal ganglia structures that perform the same basic operation, sequencing, in these different aspects of behavior [mover los dedos o interpretar oraciones; VML] support segregated neuronal populations that project to segregated neuronal populations in other subcortical structures and cortical areas” (Lieberman, 2000: 5). Esto significa básicamente que a la dimensión de variación señalada antes –que el sistema computacional tenga o no memoria, y si dispone de ella, cuánta–, se puede añadir una segunda dimensión de variación existente en la arquitectura cognitiva (Balari *et al.*, 2012: 84; un tratamiento amplio en Balari y Lorenzo, 2013): para ser operativo, el

sistema computacional debe conectarse con algún o algunos módulos externos que ofrezcan su *input* a ese sistema y al tiempo puedan recibir su *output*. El mismo sistema computacionalmente inespecífico puede vincularse en diferentes especies con diferentes módulos. Eso no significa que los circuitos conectados con ese sistema computacional sean los mismos, pues dependerán de con qué módulos se conectan. Por ello, el modelo no presupone que los circuitos con que se vincula el módulo del lenguaje y del dibujo sean los mismos, aunque ambos están posibilitados por el mismo sistema computacional inespecífico. Por tanto, existen dos dimensiones básicas de variación en ese sistema: la cantidad de memoria que posea, y los módulos externos con que se conecta.

La última precisión se refiere a la noción de ‘memoria de trabajo’: esta noción se usa en el artículo en un sentido puramente computacional¹¹, inconsciente, por lo que no caracteriza un modelo psicológico de memoria, como el de Baddeley (1986, 2007), al cual apelan Coolidge y Wynn (2004, 2009; Wynn y Coolidge, 2004, 2011, 2012) para analizar la mente neandertal. Mientras la noción de Baddeley es accesible a la memoria consciente, la usada aquí alude a operaciones subconscientes. De todos modos, ambas nociones no son incompatibles (Balari y Lorenzo, 2013; Balari *et al.*, 2012), pues la noción computacional es implementable en diferentes modelos psicológicos, el de Baddeley incluido.

Por todo ello, la computacional es una perspectiva muy diferente de la sostenida usualmente en Paleontología para investigar el lenguaje en la Prehistoria. El siguiente apartado ofrece un ejemplo fascinante.

3. Nudos y lenguaje

El enfoque computacional fue formulado por Piattelli-Palmarini y Uriagereka (2005) y Camps y Uriagereka (2006; *cf.* también Balari *et al.*, 2011). Ambos trabajos proponen una hipótesis que puede ayudar a determinar las capacidades computacionales de nuestros predecesores: analizar según la jerarquía de Chomsky las implicaciones

¹¹ *Cf.* n. 6.

computacionales de la presencia de nudos en el registro prehistórico. La razón consiste en que, como muestran Camps y Uriagereka (2006: 46-51), los nudos son operaciones computacionalmente muy complejas, que presuponen la sensibilidad al contexto y, por ello, un régimen computacional de Tipo 1, el mismo del lenguaje.

Camps y Uriagereka (2006) muestran que un nudo requiere aplicar una operación sobre una parte de la figura efectuada, conservándola en la memoria de trabajo hasta ejecutar la operación que cierra el nudo –el cruce–. Esto, que requiere una memoria sofisticada para guardar los pasos previos, presupone un régimen computacional de Tipo 1, similar al del lenguaje, esquematizable con la estructura $[A_1 [B [C [D E_1]]]]$ ¹².

En ella se aprecia que para hacer el nudo hay que relacionar una porción del hilo con la figura global, aspecto que implica agrupamiento y DLDS, como las del lenguaje: A debe ‘congelarse’ en la memoria para relacionarlo en etapas posteriores con E, lo que cierra el nudo. Abstrayendo la ‘semántica’ de los elementos implicados, esa misma estructura representa una oración como ¿[Qué₁ dice Juan [que piensa María [que sabe Pedro ____₁]]]?

Por ello, “evidence for knot-tying is computationally equivalent to modern linguistic evidence” (Camps y Uriagereka, 2006: 46), lo que implica que FL ya existía cuando se hicieron nudos¹³. Aunque estos no se atestiguan directamente hasta hace 27 ka (Piattelli-Palmarini y Uriagereka, 2005: 41), pueden inferirse desde mucho antes. En este sentido, Camps y Uriagereka (2006) analizan dos dominios que presuponen nudos: ornamentos perforados (conchas, dientes, etc.) y tecnología de pequeños proyectiles (puntas, etc.). La evidencia más antigua de esos objetos alcanza unos 100 ka –pero según Vanhaeren *et al.* (2006) las conchas perforadas por HAM pueden alcanzar 135 ka–. Esto sugiere que los HAM “had achieved modern language by that time, with its full-blown

¹² Notemos que en esa estructura en realidad hay el equivalente de varias DLDS, pues cada agrupamiento sucesivo representado con corchetes debe quedar recogido en la memoria.

¹³ Por supuesto, las técnicas concretas de confección de nudos son prácticas culturales, pero a ellas subyace la capacidad computacional discutida.

context-sensitive potential” (Piattelli-Palmarini y Uriagereka, 2005: 42).

Según esos trabajos, no parece existir evidencia de nudos en el registro neandertal: la tecnología musteriense implica enmangar la punta, no anudarla, y los Neandertales solo hicieron ornamentos en etapas tardías –como el Chatelperroniense–, cuando los HAM ya estaban en Europa¹⁴ (Mellars, 2005). La ausencia de nudos entre los Neandertales sugiere que estos homínidos carecían de la propiedad de sensibilidad al contexto, central en el Tipo 1 y en el lenguaje.

Los siguientes apartados abordan el objetivo central del trabajo: ampliar la perspectiva computacional, hasta ahora limitada a los nudos, extendiéndola a un nuevo dominio, las líneas presentes en los diseños geométricos prehistóricos, para intentar determinar, a partir de sus rasgos formales, el régimen computacional de quienes los crearon, para inferir la existencia de lenguaje complejo. Sostendré que, dependiendo de cómo sea la disposición y el trazado de las líneas, es posible deducir si una especie estaba computacionalmente preparada para el lenguaje. Dadas las limitaciones de espacio, mi análisis se restringirá a unos cuantos ejemplos, pero aun así, mostrará pautas sistemáticas en la comparación entre las diferentes especies. El apartado 4 analiza los diseños geométricos realizados por especies preHAM en el Paleolítico inferior y medio de Eurasia, y el 5 hará lo propio con los diseños HAM de la Edad de la Piedra media africana.

4. Diseños geométricos pre-HAM

Aunque los diseños geométricos empiezan a proliferar con los HAM, no son exclusivos de nuestra especie; otras anteriores, como Neandertales y, a juzgar por la antigüedad de algunos diseños, quizás Heidelbergensis, también los produjeron.

¹⁴ Además, Higham *et al.* (2010) arrojan dudas sobre la asociación entre Neandertales y Chatelperroniense, y lo mismo rige para otra cultura neandertal final, el Uluziense; cf. Benazzi *et al.* (2011) y Benazzi (2012). Por otro lado, Zilhão *et al.* (2009) aducen conchas perforadas de más de 50 ka usadas por los Neandertales en Aviones (Murcia), pero las perforaciones no son intencionales, sino naturales, lo cual no invita a asociar esos ornamentos con un régimen computacional alto.

La Fig. 5 muestra unos diseños geométricos en fragmentos de hueso de Bilzingsleben (Alemania). Su datación, 350 ka (Bednarik, 2003: 99), sugiere que pudieron ser realizados por Heidelbergensis, si se atiende a la datación usual de aparición de los Neandertales, 300 ka (Harvati, 2010: 367).

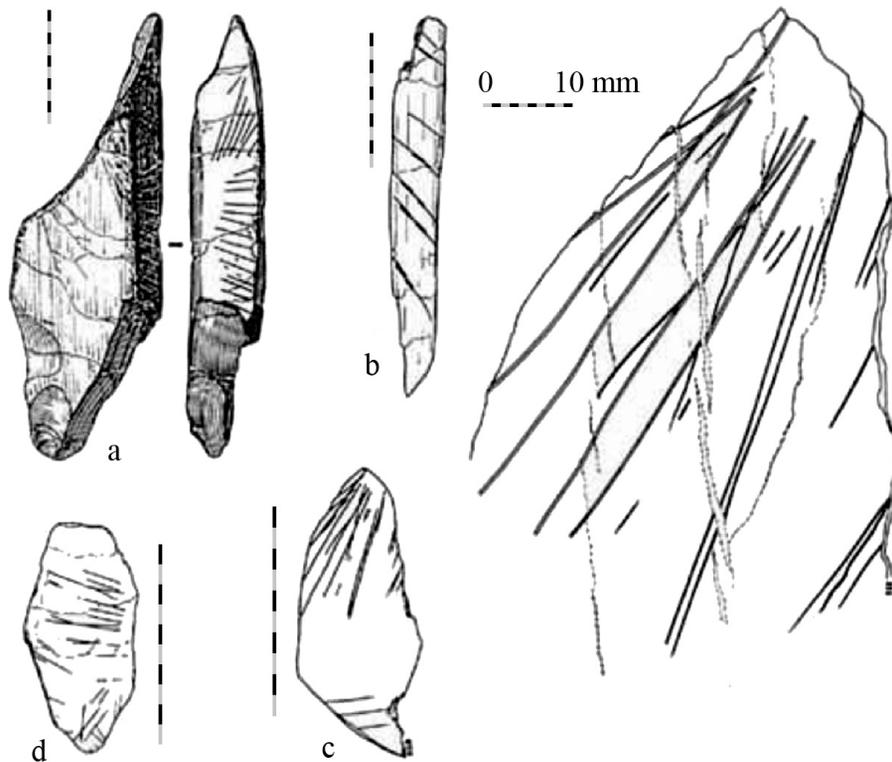


FIG. 5. Piezas de Bilzingsleben (según Bednarik, 1995: 608).

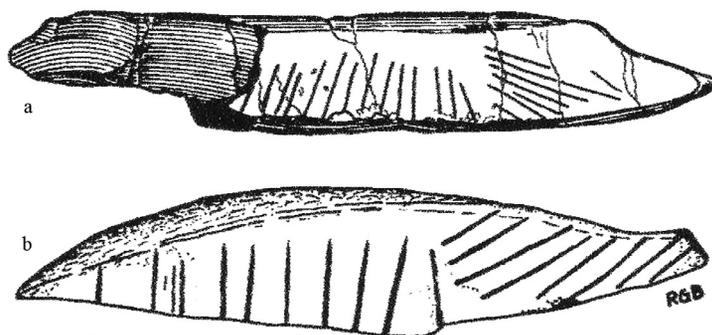


FIG. 6. Imagen superior: pieza de Bilzingsleben; imagen inferior: pieza de Oldisleben (según Bednarik, 2003: 99).

Como se aprecia, estas piezas tienen un diseño muy semejante, basado en líneas paralelas. Una excepción es la pieza 'c', aumentada a la derecha de la figura, pues las líneas son dobles. Sin embargo, la excepción es aparente, pues los trazados paralelos dobles de 4 líneas parecen deberse a la propia herramienta de grabado, y la quinta línea, sin otra paralela, fue grabada dos veces en el mismo sitio (Harrod, 2007: 9).

Es interesante comparar el diseño de esas piezas con el de tres piezas de Oldisleben (Alemania): aunque este yacimiento está muy cerca del anterior -10 km-, las tres piezas están muy distanciadas temporalmente, pues datan de hace 80 ka, por lo que fueron de autoría neandertal. A pesar de esos más de 250 ka de diferencia, las piezas de Oldisleben presentan un diseño prácticamente idéntico a las de Bilzingsleben (Fig. 6), basado en líneas paralelas -dos series con diferente orientación-.

Otros diseños geométricos pre-HAM también se basan en líneas paralelas (Fig. 7). Este es el caso del fragmento de hueso de La Ferrassie (Francia), pieza neandertal de 75-65 ka de antigüedad (Langley *et al.*, 2008: 297)¹⁵.

Lo mismo rige para la piedra con grabados neandertales de Temnata (Bulgaria), de 50 ka de antigüedad (Crémasdes *et al.*, 1995), con el mismo diseño básico de líneas paralelas (Fig. 8).

Por otro lado, diferentes objetos tradicionalmente atribuidos a los Neandertales

¹⁵ Para otros diseños musterienses también basados en líneas paralelas cf. Sanchidrián (2001: 36).

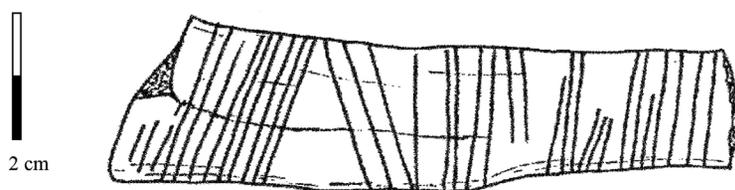


FIG. 7. Fragmento de hueso de La Ferrassie (según Bednarik, 2003: 98).

—o a Heidelbergensis— se han revelado, tras minuciosos análisis microscópicos, como motivados por causas naturales. Como señalan d’Errico *et al.* (2003: 18), “In the last few years, we have examined materials considered by some to exhibit the attributes of behavioral modernity, but many of these objects must be rejected because of modification by natural processes”. Esto alcanza también a los diseños geométricos, pues varios atribuidos a especies previas a los HAM, basados en un modelo más complejo que líneas paralelas—líneas cruzadas; *cf.* apartado 5 sobre esta diferencia— han resultado ser no intencionales, o bien naturales (*cf.* d’Errico, 2003; d’Errico y Villa, 1997; Soressi y d’Errico, 2007; y la recapitulación de d’Errico *et al.*, 2009: 28-29).

Este es el caso de una pieza aducida por Marshack (1976), una costilla con aparentes diseños geométricos del yacimiento musteriense de Pech-de-l’Aze (Francia), de más de 300 ka; d’Errico y Villa (1997) mostraron que esos supuestos grabados eran en realidad impresiones de estrías vasculares. También d’Errico *et al.* (2003: 18) y d’Errico *et al.* (2009: 28) señalan el carácter natural de otros supuestos diseños pre-HAM, como los de Stranska Skala (Chequia), Cueva Morín (España), Bois Roche (Francia), etc., todos los cuales “have been

misinterpreted” (d’Errico *et al.*, 2003: 18). Lo mismo rige para Molodova IV (Ucrania): Nowel y d’Errico (2007) mostraron que varios objetos de hueso con supuestos grabados neandertales no eran intencionales, algo ya avanzado en d’Errico *et al.* (2003: 18-19).

Lo señalado rige también para algunos supuestos grabados en piedra, como varios guijarros con incisiones, basados algunos en líneas entrecruzadas, de los yacimientos neandertales de Chez-Pourre-Chez-Comte y Champlost (Francia), estudiados por Lhomme y Normand (1993), quienes apuntan la rareza de este tipo de objetos en el Paleolítico medio. Sin embargo, señalan que lo más probable es que las incisiones, aunque causadas por la acción humana, no fueran intencionales, sino el efecto de que las piedras sirvieron de apoyo para cortar pieles con un instrumento de sílex, el cual provocó las incisiones.

Por otro lado, algunas piezas inequívocamente intencionales y de diseño más complejo que simples líneas paralelas han sido a veces atribuidas a los Neandertales, pero la mayor parte de autores las atribuyen a los HAM. Tal es el caso del motivo en zigzag de Bacho Kiro (Bulgaria), de 44 ka. Marshack (1976), que estudió la pieza, no aclara si se asocia o no a los Neandertales—en ese momento los HAM ya habían entrado en Europa—. De hecho, White (1998), entre otros, la asocia a los HAM. Lo mismo sucede con la pieza grabada de Qneitra (Israel), de 54 ka. Marshack (1996: 357) señala que podría remitir tanto a Neandertales como a HAM, pero Marshack (1997) se decanta por la autoría de los HAM antes de entrar en Eurasia.

Todo esto permite formular dos generalizaciones relevantes:

- Por un lado, los diseños geométricos intencionales pre-HAM se basan en líneas paralelas, no en líneas cruzadas.
- Por otro, los supuestos diseños pre-HAM más complejos, basados en líneas cruzadas, o bien no son intencionales o bien derivan de causas naturales.

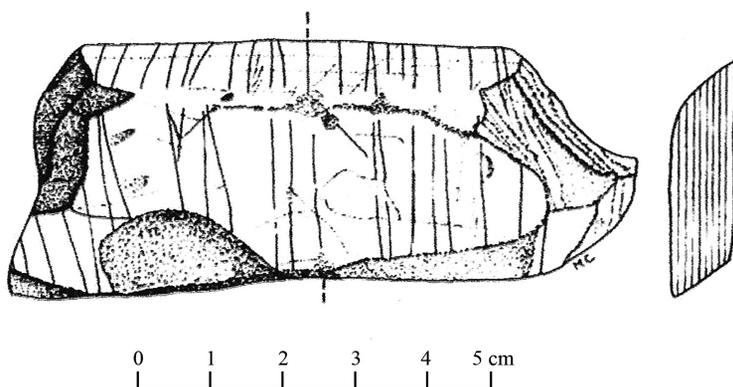


FIG. 8. Esquisto de Temnata (según Crémades et al., 1995: 205).

Ambas generalizaciones son muy destacables desde la perspectiva computacional de este trabajo, pues la complejidad de las computaciones necesarias para hacer diseños basados en líneas paralelas no requiere un régimen alto en la jerarquía de Chomsky. De hecho, equivale al poder computacional de un autómata de estados finitos, caracterizado por carecer de memoria. Podemos entender esto si pensamos que las líneas paralelas de la Fig. 8 son muy semejantes formalmente a lenguajes como $\{a^*\}$, y las de la Fig. 6, a lenguajes como $\{a_n b_m\}$: en el primer caso, se traza una línea un número n de veces —líneas paralelas con una única orientación—, y en el segundo, se traza una línea de orientación x n veces, y posteriormente otra línea de orientación z m veces. Ya que en el segundo ejemplo el número del primer conjunto de líneas difiere del número del segundo conjunto, no se requiere conservar en la memoria el número del primer conjunto —‘aes’— para hacer concordar con ellas el del segundo —‘bes’—.

Por tanto, esos diseños revelan que el sistema computacional de los homínidos que los hicieron era de Tipo 3 —sistema regular—, que trabaja en términos puramente secuenciales, sin ningún almacenaje externo o memoria. Esto concuerda con la comentada ausencia de nudos en el registro neandertal. La conclusión del análisis es que el sistema computacional neandertal o heidelbergensis era mucho menos potente que el necesario para el lenguaje complejo.

Por supuesto, debo efectuar dos matizaciones: la primera remite a un principio central en Arqueología y Paleoantropología: “Absence of evidence is not evidence of absence” (Proctor, 2007: 752). En consecuencia, la conclusión del análisis no puede considerarse definitiva, sino que debe tomarse con cautela, pues podrían descubrirse diseños neandertales, o de otras especies, que hicieran replantear esa conclusión.

El segundo aspecto consiste en que señalar que los Neandertales poseían un sistema computacional insuficiente para el lenguaje complejo no significa negar que tuvieron un sistema comunicativo. Sin duda, lo tuvieron (Wynn y Coolidge, 2012: cap. 6), y debió ser muy eficiente. Lo que significa es que su sistema no era un lenguaje complejo como el nuestro, careciendo de rasgos centrales como organización jerárquica, recursión, etc. —esto es, sintaxis—.

Esto ha sido a veces malentendido —cf. la respuesta de Frayer *et al.* (2012) a Benítez-Burraco y Longa (2012a), donde el primer trabajo no habla de lo mismo que el segundo—.

Para resumir, este apartado ha analizado con instrumentos novedosos algo bien establecido: la simplicidad de los diseños geométricos del Paleolítico inferior y medio, de los cuales “none show complex structured designs” (Henshilwood *et al.*, 2009: 27). Bien diferente es lo que revela el análisis formal de los diseños geométricos de los HAM, realizados en la Edad de la Piedra media africana.

5. Diseños geométricos de los HAM

En los últimos años se han descubierto objetos arqueológicos muy importantes hechos por los HAM en África, que han refrendado la crítica de McBrearty y Brooks (2000) al modelo de ‘revolución humana’, el cual asumía la aparición súbita de la conducta moderna en Europa hace 45-40 ka. Según McBrearty y Brooks (2000: 453), “many of the components of the ‘human revolution’ claimed to appear at 40-50 ka are found in the African Middle Stone Age tens of thousands of years earlier”. Algunos de los principales hallazgos son precisamente diseños geométricos, muy variados entre sí. Esos diseños, frente a los analizados en el apartado anterior, son más

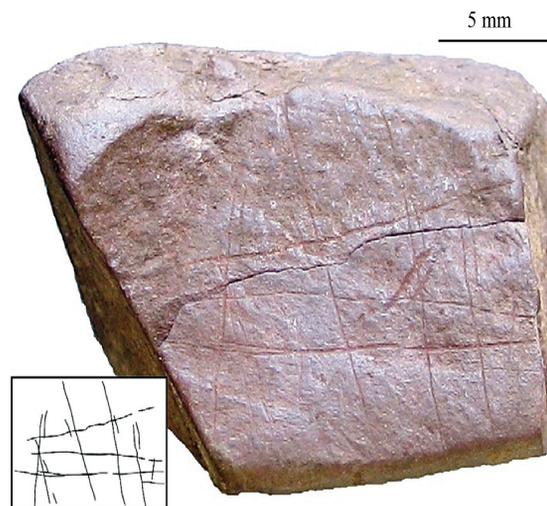


FIG. 9. Pieza de Klein Kliphuis (según Mackay y Welz, 2008: 1525).

complejos, algo vinculable, como veremos, con un régimen computacional más sofisticado, que presupone DLDs y memoria para tratarlas, aspectos ambos ausentes de los diseños neandertales o heidelbergensis.

Consideremos la pieza de ocre grabada de la Figura 9, procedente de Klein Kliphuis (Sudáfrica), datada entre 80-50 ka y estudiada por Mackay y Welz (2008).

Mackay y Welz (2008: 1525) pudieron determinar el orden de grabado de las líneas del diseño: “The vertical lines generally appear to have been laid down first, followed by the central horizontal, and finally the upper and lower lines”. Esto es muy interesante, porque conocer el orden exacto de grabado de las líneas permite deducir los requisitos computacionales para elaborar la pieza: tras trazar las líneas verticales, estas deben almacenarse en la memoria de trabajo, pues serán la referencia para trazar la línea horizontal central. En este punto, ya no es necesario guardar las líneas verticales, por lo que la memoria las libera y pasa a retener la línea horizontal central, para grabar la línea horizontal superior. A su vez, la memoria almacena estas dos líneas horizontales para grabar la línea horizontal inferior. El proceso se puede formalizar así:

$$[[lv_1 lv_2 lv_3] [[lh_{centr} lh_{sup}] lh_{inf}]]^{16}$$

En la pieza están implicadas DLDs, las cuales, recordemos, presuponen memoria, siendo por ello intratables por el Tipo 3. En concreto, la pieza de Klein Kliphuis muestra DLDs características de las estructuras anidadas –*cf.* apdo. 2–: cuando la segunda DLD se resuelve – $[\emptyset lh_{centr} lh_{sup} lh_{inf}]$ –, la primera DLD – $[\emptyset lv_1 lv_2 lv_3 lh_{centr}]$ – ya se ha resuelto previamente. La segunda DLD se basa en la primera, y solo se puede mantener y resolver una en cada etapa. Con estas propiedades, la estructura remite formalmente a un régimen computacional de Tipo 2, libre de contexto, caracterizado por una pila de memoria que puede ‘congelar’ elementos para ser usados posteriormente, lo cual permite DLDs, pero restringido a procesar una sola DLD a la vez. Por tanto, el poder computacional revelado

¹⁶ ‘lv’: línea vertical; ‘lh’: línea horizontal; ‘centr’, ‘sup’ e ‘inf’: central, superior e inferior.

por ese diseño sobrepasa el asociado a los diseños pre-HAM –autómata de estados finitos–, limitado a estados puramente secuenciales.

Llegados aquí, es fundamental explicitar un aspecto fundamental para la argumentación formal desarrollada. Aprender o ejecutar una secuencia motora –como atar un nudo o grabar un diseño geométrico– no es evidencia suficiente para sostener una capacidad computacional alta en la jerarquía de Chomsky. Por ejemplo, algunos monos entrenados han aprendido a atar nudos simples, aunque con éxito limitado (Herzfeld y Lestel, 2005). Esta habilidad supone un aprendizaje motor mecánico de una práctica, pero carece de la propiedad de creatividad, central también en el lenguaje, por la que los humanos han inventado múltiples nudos durante milenios. Por tanto, para sostener que un primate posee una capacidad computacional superior al Tipo 3, no llega con que aprenda a atar un nudo concreto, sino que debe mostrar creatividad: un nudo puede hacerse como mera tarea motora, usando una gramática regular –Tipo 3–, basada en etapas secuenciales. La clave es que cualquier proceso concreto dentro de una gramática que parezca sobrepasar el Tipo 3 puede reducirse a este siempre que no se generalice.

Esto mismo rige para los diseños geométricos: no basta la existencia de una pieza concreta, como la de Klein Kliphuis, para atribuir a los HAM un régimen más alto que el de Tipo 3. Para sobrepasarlo, es necesaria la evidencia de la propiedad de creatividad, esto es, diversidad de estructuras, inaccesible para el Tipo 3. Solo así se puede presuponer un régimen de Tipo 2 o 1. Y así sucede: frente a la ausencia de creatividad revelada en los diseños geométricos del Paleolítico inferior y medio, los de los HAM revelan una gran diversidad de estructuras que muestra creatividad. En efecto, en el último decenio se han descubierto diseños muy diferentes, y muy alejados espacial y temporalmente, que evidencian las grandes diferencias del sistema computacional HAM con respecto al de homínidos previos, cuyos diseños eran formalmente muy similares. Trataré algunos ejemplos.

Uno de ellos es la pieza M1-5 de Blombos (Fig. 10), de 77 ka de antigüedad (Henshilwood *et al.*, 2002). Para explicar este diseño, de nuevo

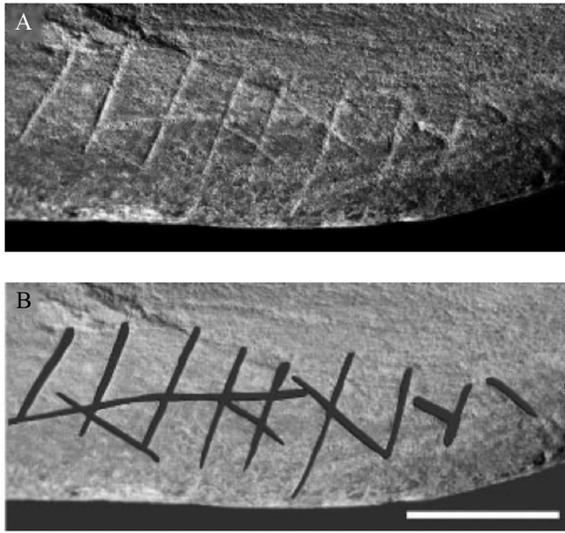


FIG. 10. Pieza M1-5 de Blombos (tomada de Henshilwood et al., 2002: 1279).

es necesario almacenar elementos en la memoria que queden ‘congelados’ para ser usados posteriormente: podemos apreciar que el diseño se compone de dos grupos de líneas paralelas y de una línea oblicua que cruza la intersección de varias de las anteriores. Para hacer el cruce de la línea oblicua sobre tales intersecciones es necesario retener estas en la memoria, creando DLDs resueltas una en cada etapa. Así, el modelo apunta a un régimen computacional de Tipo 2. Esto mismo se extiende a varias de las 11 piezas más de ocre grabadas presentadas en Henshilwood et al. (2009). Aunque estos autores reconocen que no hay certeza de que algunas de esas piezas fueran diseños intencionales (*ibidem*: 30), otras sin embargo son claras al respecto. Por otro lado, hay gran distancia temporal entre varios de esos diseños: algunos datan de 77 ka, pero los del nivel M3 alcanzan 100 ka. Además, Henshilwood et al. (2009: 42) caracterizan en esas piezas al menos cuatro tipos de diseños geométricos, lo cual revela creatividad.

Hasta ahora, he analizado dos diseños basados en líneas cruzadas. Otros diseños de los HAM no adoptan líneas cruzadas, sino paralelas, pero aun así revisten mayor complejidad computacional que la de los diseños pre-HAM, requiriendo, de nuevo, un régimen de Tipo 2. Este es el caso de los diseños presentes en 270 fragmentos de cáscaras de huevo de avestruz (Fig. 11) encontrados

en Diepkloof (Sudáfrica), yacimiento muy lejano a Blombos, y de 65-55 ka (*cf.* Parkington et al., 2005 y especialmente Texier et al., 2010). Algunos de esos fragmentos pudieron unirse, mostrando la forma original de los diseños, cuya particularidad es que se hicieron en objetos funcionales: los huevos parecen haber sido contenedores de agua. Según Texier et al. (2010: 6182), existen al menos 4 tipos de diseños diferentes.

Consideremos los diseños D o E, formados por dos series verticales de líneas paralelas, representadas en la Fig. 12. Si en el diseño solo existiera un conjunto de líneas paralelas – $a_1, a_2, a_3, a_4, \dots$ – en vez de dos, sería suficiente apelar al Tipo 3 para explicar computacionalmente el diseño, pues las líneas se podrían hacer en estricto orden secuencial. Pero al existir dos conjuntos de líneas, donde cada línea inferior se vincula a su superior correspondiente, es necesario apelar a un régimen computacional más potente, el Tipo 2. La razón es la existencia de una DLD entre cada línea superior y su correspondiente inferior, dada la concordancia entre cada par. Esto es, a partir del trazado de una serie –por ejemplo, la denominada ‘a’–, cada una de esas líneas debe almacenarse en la memoria, pues será la referencia para trazar la respectiva inferior. La resolución de esas DLDs se limita a una cada vez: cuando una relación se resuelve – a_1 y b_1 –, se procesa y resuelve la siguiente – a_2 y b_2 –, etc. Por ello, tenemos las características canónicas del Tipo 2: pila de memoria, y DLDs, pero limitada su resolución a una en cada etapa.

Como último ejemplo, consideremos la pieza de ocre M1-6 (Fig. 13a) también procedente de Blombos (Henshilwood et al., 2002), de 77 ka. Como en el diseño de Klein Kliphuis, Henshilwood et al. (2009) pudieron determinar la secuencia concreta de grabado (Fig. 13b) de esta pieza, clave para conocer el régimen computacional presupuesto por el diseño.

La importancia de este diseño reside en que remite a un régimen computacional no de Tipo 2, sino de Tipo 1, pues muestra la propiedad de sensibilidad al contexto, que, recordemos, es central en el lenguaje. Ello es así porque, como muestra la Fig. 14, las líneas entablan una serie compleja de DLDs cruzadas –*cf.* los ejemplos lingüísticos del apdo. 2– que no pueden ser computables por un

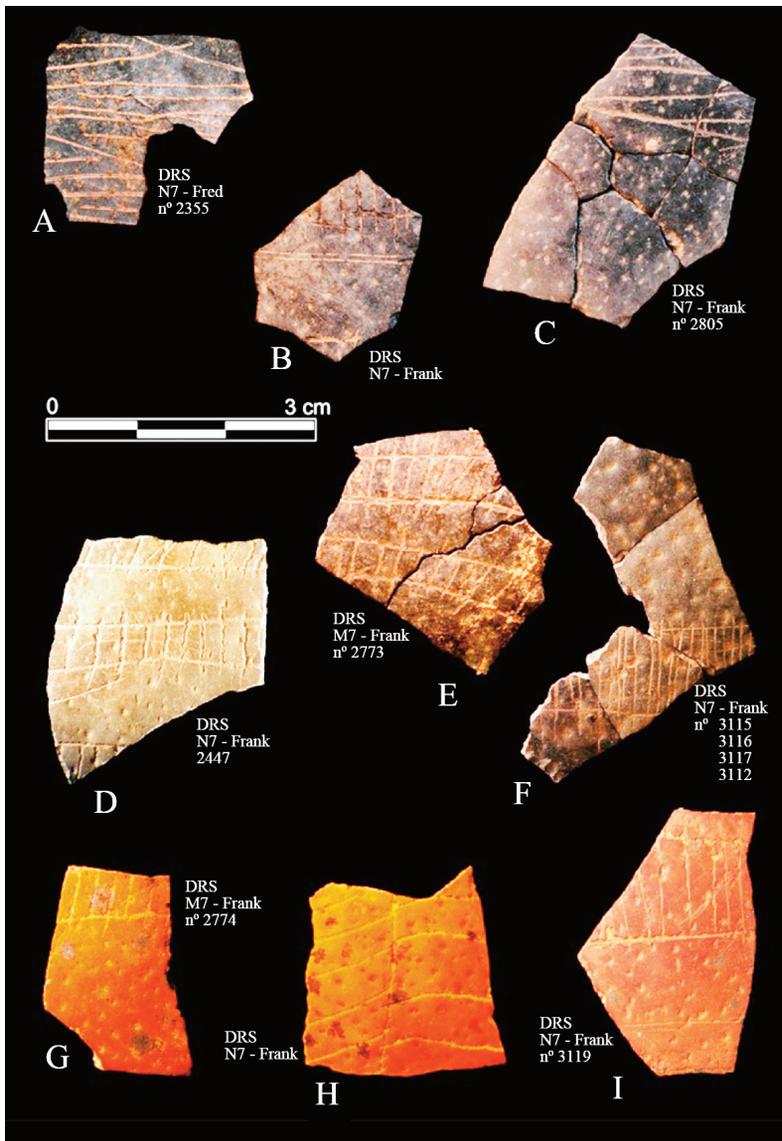


FIG. 11. Cáscaras de huevo de avestruz de Diepkloof (tomada de Texier et al., 2010: 6181).

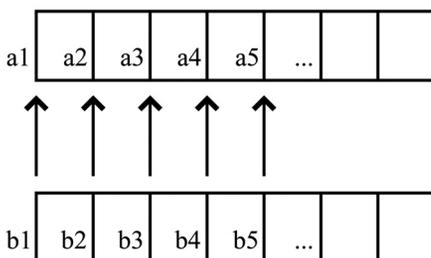


FIG. 12. Modelos D y E de Diepkloof.

autómata con pila, equivalente del Tipo 2, restringido a computar y resolver solo una DLD al tiempo.

La Fig. 14 muestra claramente que, frente por ejemplo a la pieza de Klein Kliphuis, donde las DLDs se resolvían una por una, en la de Blombos deben sostenerse varias dependencias al tiempo, hasta que se van resolviendo. De ahí que la memoria requerida deba ser más potente que la poseída por un autómata con pila, equivalente del Tipo 2. En otras palabras, para hacer este diseño hace falta acceder a varios puntos simultáneamente dentro de la pila de memoria dada la necesidad de mantener varias DLDs cruzadas, que no pueden procesarse ordenada y sucesivamente, como sucede con las DLDs anidadas del Tipo 2. De ahí la propiedad de sensibilidad al contexto: la capacidad de almacenar elementos no comprende solo la última parte de la pila, sino diferentes partes simultáneamente. En resumen, la pieza muestra un régimen de Tipo 1, equivalente a la complejidad formal del lenguaje natural.

Antes señalé que Henshilwood *et al.* (2009) pudieron determinar la secuencia concreta de grabado. Esto permite descartar otras posibles maneras computacionalmente menos complejas de grabar la pieza. La más obvia, por ejemplo, sería aquella en que la figura se hubiera elaborado de izquierda a

derecha —o viceversa— con líneas en zigzag: primero, una secuencia como '>>>>' y luego otra en sentido contrario '<<<<'. Si así hubiera sido, ese diseño no respondería al Tipo 1: al acabar la primera secuencia '>>>>', esta debe mantenerse activa en la memoria, pues servirá de referencia para el zigzag contrario, ya que el punto sobre el que recae cada nueva línea lo establece la perpendicular de un ángulo de la primera secuencia de zigzags. Cada vez que se resuelve uno de esos cruces,

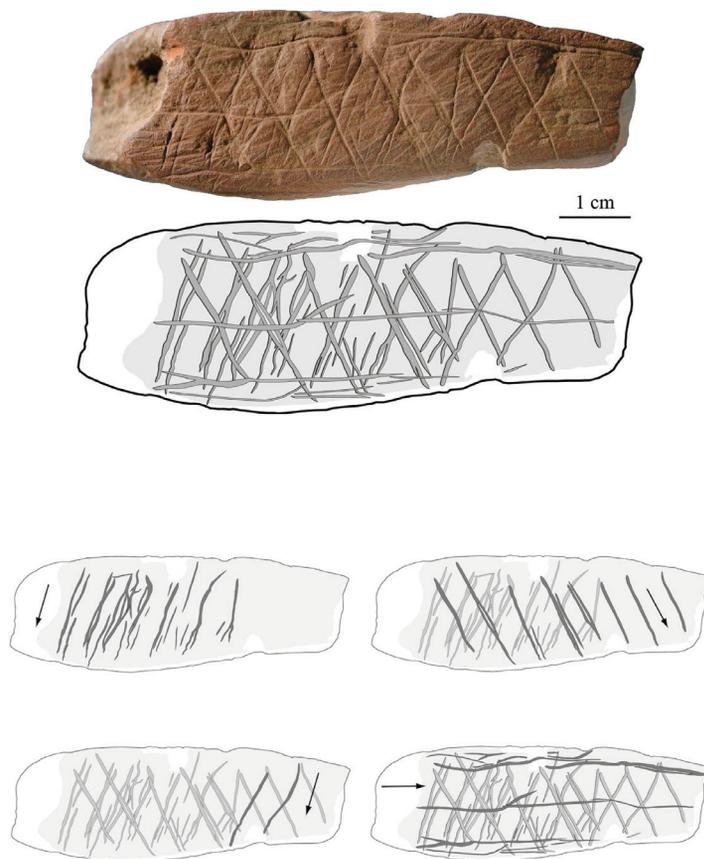


FIG. 13. Pieza M1-6 de Blombos y su secuencia de grabado (según Henshilwood et al., 2009: 35).

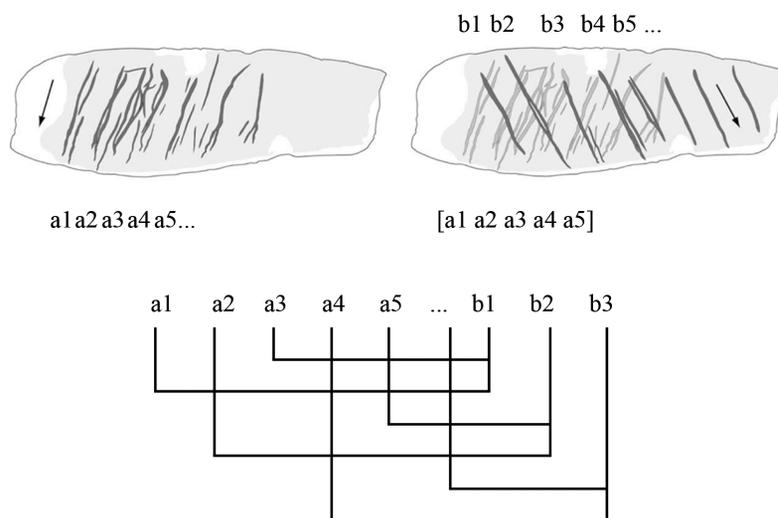


FIG. 14. Dependencias cruzadas de la pieza M1-6 de Blombos.

el anterior puede eliminarse de la memoria. Por ello, según esta opción –hipotética, no real–, tendríamos un sistema de Tipo 2, libre de contexto, pues se mantiene una secuencia en la memoria, y se va eliminando ordenada y sucesivamente, a medida que se relaciona con la serie contraria. Pero no es con este diseño computacionalmente más sencillo como se hizo la pieza.

Por otro lado, si atendemos a la cronología relativa entre la pieza M1-6 de Blombos –Tipo 1– y el resto de piezas discutidas –Tipo 2–, la primera no solo no es más moderna, sino incluso más antigua que otras discutidas. La inferencia razonable, dado que la jerarquía de Chomsky es de tipo inclusivo –esto es, el Tipo 1 contiene el 2 y el 3, y el 2 contiene el 3–, consiste en que los HAM de esas épocas tenían ya capacidades computacionales de Tipo 1, sensibles al contexto, por otro lado acreditadas de manera independiente por su capacidad de hacer nudos, para lo que se presupone ese mismo tipo, y también por el uso de ciertas técnicas del arte parietal (Longa, 2012b).

Para resumir, el análisis efectuado en el apartado revela claramente un salto fuerte en las capacidades computacionales de los HAM con respecto a las propias de especies anteriores, refrendado por una gran diversidad de estructuras. El régimen computacional de los HAM mostrado por los diseños geométricos es del mismo tipo que el presupuesto por el lenguaje, lo cual confluye con el consenso existente sobre la posesión de lenguaje por los HAM (Botha y Knight [eds.], 2009).

Una interesante objeción presentada por uno de los revisores de *Zephyrus* plantea: a su juicio,

podría haber sucedido que las capacidades computacionales neandertales fueran superiores a lo que revelan los diseños geométricos producidos por ellos, pero que la sociedad neandertal no hubiera producido diseños más complejos por carecer de las motivaciones simbólicas para hacerlos. Algo muy similar ha sido sostenido para la muy escasa evidencia de simbolismo en general en los Neandertales por autores como Finlayson (2009) o Roebroeks y Verpoorte (2009), según quienes esta especie tenía el potencial simbólico y de conducta moderna en general, pero no lo plasmó debido a diferentes presiones ambientales. Por ejemplo, Roebroeks y Verpoorte (2009) apuntan a los requisitos energéticos de los Neandertales, considerablemente más altos que los de los HAM. Esos requisitos les forzaban a moverse con frecuencia cuando los recursos se agotaban, y eso provocaba que los costes de fabricar objetos simbólicos –entre otros– superaran a los beneficios. Esa es, según Roebroeks y Verpoorte, “a language-free explanation”.

Aunque el argumento del revisor es factible, a mi juicio puede quedar debilitado por una razón: recordemos que, como expuso el apartado 2, el sistema computacional tiene acceso a diferentes dominios cognitivos y/o motores. Esto implica que las predicciones efectuadas por el enfoque computacional van mucho más allá del ámbito simbólico: si los Neandertales hubieran tenido un sistema computacional más alto que el de Tipo 3, dado su carácter inespecífico, ese sistema se hubiera plasmado igualmente en tareas referidas a actividades prácticas, como la confección de nudos para atar puntas de herramientas a los mangos, entre otros aspectos. Pero, como señaló el apartado 3, no hay evidencia de nudos en el registro arqueológico neandertal.

Además, el revisor señala que si se mostrara que la tecnología neandertal fuera de Tipo 2, y los diseños solo de Tipo 3, eso implicaría que las capacidades neandertales eran de Tipo 2, en tanto que “quien puede lo más, puede lo menos”. El revisor tiene razón, por lo que sería muy interesante analizar la complejidad computacional de la tecnología musteriense, análisis actualmente inexistente. En todo caso, aunque, por ejemplo, la técnica Levallois es ciertamente muy compleja (Dibble y Bar-Yosef, 1995; Wynn y Coolidge,

2010 para las rutinas procedimentales implicadas en ella), como señala Ambrose (2001: 1751), “Reductive technologies are linear sequences of behaviors” (*cf.* también Wynn, 1991). Según esto, no sería descartable que un régimen computacional de Tipo 3 pudiera dar cuenta de esos procedimientos reductivos, teniendo en cuenta que ese tipo puede realizar computaciones complejas, aunque limitadas a pasos secuenciales.

6. La perspectiva computacional frente a otros tipos de evidencias

Este apartado sugerirá algunas posibles ventajas de la perspectiva computacional sobre otros tipos de evidencias tradicionalmente aplicadas por la Paleoantropología para inferir la existencia de lenguaje en la Prehistoria, y en especial sobre la evidencia simbólica.

Dada la ausencia de evidencias directas sobre la evolución del lenguaje, es necesario usar otras de tipo indirecto. Pero muchas de ellas son muy controvertidas, pues un mismo tipo de evidencia puede aducirse para justificar posiciones contrarias. Ejemplificaré la indeterminación de buena parte de las evidencias tradicionales tratando brevemente la anatomía del tracto vocal y el análisis del ADN fósil¹⁷ antes de tratar algunos problemas asociados a la evidencia simbólica.

La cuestión de las capacidades fonatorias del tracto vocal neandertal –laringe y tracto vocal supralaríngeo– ha sido muy polémica. Esto no extraña, pues el tracto se compone de tejidos blandos, por lo que no fosiliza. De este modo, las reconstrucciones descansan en inferencias muy indirectas, que permiten sostener conclusiones contrarias.

Lieberman y Crelin (1971) propusieron una interpretación muy influyente según la cual la laringe y el tracto vocal supralaríngeo eran diferentes en Neandertales y HAM. A su juicio, la laringe neandertal ocupaba una posición más alta que en los humanos modernos, provocando una sustancial reducción de las capacidades articulatorias

¹⁷ Para una amplia discusión de la indefinición de las evidencias tradicionales *cf.* Balari *et al.* (2013).

de esa especie, que vetaba, por ejemplo, la producción de las vocales /a/, /i/ y /u/, fundamentales para el habla (Lieberman, 2003: 258-262). En los HAM se produjo un descenso de la laringe, y consiguiente reordenación del tracto vocal supralaríngeo, que aumentó mucho sus posibilidades articulatorias.

La reconstrucción por parte de Lieberman y Crelin (1971) del tracto vocal del neandertal de La Chapelle-aux-Saints concluyó que era similar al de los bebés recién nacidos y primates, estando la laringe en una posición alta. Según Lieberman (1991, 2006, 2007 para un tratamiento moderno), el tracto humano presenta una relación 1-a-1 entre la cavidad oral horizontal y la supralaríngea vertical, siendo ambas proporcionales. Dada la longitud de la cavidad oral neandertal, la cavidad vertical debería ser tan larga como la horizontal para que el tracto vocal supralaríngeo no estuviera limitado para el habla. Pero, por un lado, según Lieberman (2006: 294), una boca larga impediría una lengua de tipo moderno; por otro, y sobre todo, ya que una cavidad oral larga requiere una faringe igualmente larga, la laringe neandertal debería estar a la altura del pecho, pero “no mammal has its larynx in its chest” (Lieberman, 1991: 68). De ahí que el desfase entre ambas cavidades vetara muchas de las posibilidades fonatorias de un tracto moderno.

Sin embargo, la hipótesis de Lieberman ha sido muy cuestionada, en el pasado (Falk, 1975; Le May, 1975) y en el presente; recientemente, Boë *et al.* (1999, 2002) la critican sosteniendo, a partir de datos biométricos y acústicos, que la laringe neandertal no ocupaba una posición tan alta como sostiene ese autor. Según esos trabajos, la geometría cráneo-facial permite deducir la posición de la laringe y la *ratio* entre las cavidades horizontal y vertical. Tomando como base datos antropológicos, Boë *et al.* descubren que aunque esa *ratio* es muy variable, es posible detectar pautas esperables según edad y sexo. Estos autores aplican esos resultados a los Neandertales, mostrando que la *ratio* de longitud y la posición de la laringe están dentro del rango de variación propio de una hembra o un niño modernos. Además, usando un modelo articulatorio, sostienen que el espacio de vocalización neandertal no era más

pequeño que el de los HAM. Aunque su enfoque es puramente morfológico, no pudiendo determinar a ciencia cierta si los Neandertales tenían o no un habla de tipo moderno, su conclusión consiste en que no estaban restringidos para el habla.

Es importante enfatizar que, para alcanzar sus respectivas conclusiones, tanto Lieberman como Boë *et al.* adoptan asunciones centrales que son por completo desconocidas. Por un lado, Lieberman asume que la relación 1:1 entre la cavidad horizontal y vertical, propia de los HAM, también se aplicaba en los Neandertales, pero no hay modo de constatar si esto es o no acertado. Por otro, Boë *et al.* calculan la *ratio* entre la cavidad horizontal y vertical a partir de datos antropológicos actuales, aplicándolos a los Neandertales, pero tampoco hay modo de verificar esta suposición.

Sin embargo, hay más problemas: si las reconstrucciones del tracto vocal neandertal han originado conclusiones opuestas, la reciente entrada en escena del método comparativo las ha debilitado todavía más (*cf.* Fitch, 2000, 2002, 2009). Tradicionalmente, y en consonancia con la tesis de que ‘el habla es especial’ (Lieberman, 2003: 258), se sostuvo que la posición de la laringe humana era igualmente especial: mientras todos los mamíferos, bebés humanos incluidos, tienen una laringe alta, en el niño sufre un descenso. De ahí que “The beliefs that a descended larynx is uniquely human and that it is diagnostic of speech have played a central role in modern theorizing about the evolution of speech and language” (Fitch y Reby, 2001: 1669). Esta idea ha impregnado la lingüística (Lieberman, 1984, 1991; Carstairs-McCarthy, 1999; Studdert-Kennedy, 1998) y la Paleantropología (Arsuaga y Martínez, 1998: cap. 16; Chaline, 1994: cap. 12).

Pero la idea de que “The non-human larynx is positioned high” (Lieberman, 2003: 261) se ha revelado falsa; Fitch (2000) y Fitch y Reby (2001) muestran que la posición de nuestra laringe no es especial, pues el tracto vocal mamífero es muy móvil, de modo que la laringe desciende en las vocalizaciones de muchos animales –cerdos, perros, cabras o monos–, primates incluidos (Nishimura *et al.*, 2006). Además, ni siquiera una laringe descendida permanentemente es propia del ser humano: animales como ciervos rojos o

gamos (Fitch y Reby, 2001) o gacelas de Mongolia (Frey y Riede, 2003), entre otros, también la tienen. Por ello, “a descended larynx is not indicative of speech” (Hauser y Fitch, 2003: 165).

Esto hace aún más infructuosos los intentos de reconstruir el tracto vocal y sus capacidades fonatorias. Según Lieberman (2006: 292), lo único que resolvería esa cuestión sería “the discovery of a frozen Neanderthal preserved in a glacier”. Pero dados los descubrimientos sobre la laringe mamífera, ni siquiera ese hipotético hallazgo podría ayudar demasiado; ya que algunos mamíferos tienen una laringe descendida pero no hablan, “even if we discovered (say) a frozen Neanderthal specimen with a descended larynx, we could not necessarily conclude this species possessed spoken language” (Fitch, 2009: 119). Por otro lado, “Nor, given the flexibility of the mammalian vocal tract, would a high laryngeal position demonstrate that the Neanderthal didn’t speak: he or she might have lowered the larynx and tongue root dynamically during vocalization” (Fitch, 2009: 133).

La conclusión es clara: las reconstrucciones de la anatomía del tracto vocal no son informativas, ni a favor ni en contra, sobre las capacidades fonatorias neandertales.

Un tipo de evidencia mucho más reciente es el análisis del ADN fósil. Dada la indeterminación inherente a la reconstrucción de restos fósiles, Fitch (2009: 133) sugiere que “approaches based on DNA analysis offer far more promise for dating key events in the evolution of speech and language”. Sin embargo, mostraré que esta evidencia tampoco está libre de problemas (para un tratamiento amplio *cf.* Benítez-Burraco y Longa, 2011, 2012b). En 2001 se descubrió *FOXP2*, un gen implicado en la embriogénesis de estructuras neurales relevantes para el lenguaje (Longa, 2006). Enard *et al.* (2002) secuenciaron su homólogo en varias especies, comprobando que de los 715 aminoácidos de que consta la proteína *FOXP2*, la versión humana solo difiere en dos posiciones (303 y 325, exón 7) con respecto a la proteína equivalente del chimpancé, lo que implica que esas diferencias aparecieron tras la separación del antepasado común de chimpancés y humanos (4.6-6.2 m.a.). Enard *et al.* (2002) sugieren que el gen fue modificado por selección natural en los

últimos 200 ka. Esa datación apuntaba a un escenario donde la versión humana de *FOXP2* se asociaba únicamente a los HAM.

Sin embargo, Krause *et al.* (2007) descubren que la versión neandertal de *FOXP2* presentaba las dos mutaciones propias de la versión humana moderna del gen. Eso provocó que muchos autores asumieran automáticamente la inferencia “los Neandertales tenían *FOXP2*, por tanto tenían lenguaje complejo”; *cf.* Trinkaus (2007), d’Errico y Vanhaeren (2009), Frayer *et al.* (2010), Martínez Mendizábal y Arsuaga (2009), Rosas (2010) o Bermúdez de Castro (2010). El razonamiento, muy similar en todos esos autores, puede ser representado por Bermúdez de Castro (2010: 110): “En 2007, el hallazgo del gen *FOXP2* en el genoma del neandertal por el equipo de Svante Pääbo [...] fue la gota que faltaba para que todos admitiéramos por fin que no somos la única especie que ha sido capaz de hablar”.

Sin embargo, la inferencia “*FOXP2*, por tanto lenguaje” es muy problemática, por simplista. Dos razones, al menos, la vetan: por un lado, el hallazgo de Krause *et al.* (2007) es compatible con otras explicaciones, pues los genes no hacen nada por sí mismos, sino que dependen decisivamente del contexto¹⁸; por otro, la inferencia adopta la ecuación “un gen, un carácter”, que otorga implícitamente a *FOXP2* el estatus de gen del lenguaje, algo insostenible desde premisas genéticas y moleculares. En resumen, si los Neandertales tuvieron lenguaje complejo, la causa iría mucho más allá de la mera presencia de ese gen en su acervo génico.

Sobre el primer aspecto, Krause *et al.* (2007) señalan que la clave para saber la función exacta de *FOXP2* en los Neandertales sería obtener su secuenciación completa. Pero, más bien, lo que realmente haría falta sería llegar a conocer el contexto genético y molecular en que *FOXP2* ejercía su función regulatoria en los Neandertales, aspecto este donde la información es inexistente. Dado que *FOXP2* tiene un conjunto de genes diana regulados por él, ¿eran los genes diana en los Neandertales

¹⁸ Como señala West-Eberhard (2003: 93), “the bare genes in isolation are among the most impotent and useless material imaginable”. Por ello, Carroll (2005: 208) efectúa esta advertencia: “Remember, everything about a tool kit protein’s action depends on context”.

los mismos que los de los humanos actuales? Esto es muy relevante, pues *FOXP2* podría haber sido fijado y/o preservado en los Neandertales por causas selectivas diferentes de las que operaron en los HAM, no relacionadas con un lenguaje complejo, algo sugerido por Benítez-Burraco *et al.* (2008) y Ptak *et al.* (2009). En un contexto molecular diferente, *FOXP2* pudo servir para otras funciones, como regular el desarrollo y uso de un protolenguaje asintáctico como el postulado por Bickerton (1990) y que según Mellars (1996, 1998) fue poseído por los Neandertales, o quizás regular el sistema musical-comunicativo holístico que Mithen (2005) atribuye a esa especie, entre otras opciones.

Téngase en cuenta que se han secuenciado diferentes versiones de *FOXP2* en otras especies, y en cada una, la versión del gen se vincula con alguna habilidad característica, como el canto de pájaros, la vocalización ultrasónica de los ratones o la ecolocación de los murciélagos, habilidad esta ni siquiera comunicativa (Benítez-Burraco y Longa, 2011 y referencias citadas). Además, *FOXP2* presenta un muy fuerte grado de conservación filogenética (Enard *et al.*, 2002), habiendo sufrido muy pocos cambios en la evolución de los vertebrados. Esto sugiere que la habilidad con que se vincula el gen en cada especie depende más del contexto molecular en que se integra la proteína codificada por el gen en vez de ser consecuencia directa de las pequeñas modificaciones estructurales en cada una de las versiones de *FOXP2*. En suma, la fuerte sensibilidad al contexto del gen invita a ser cautos al especular sobre qué capacidad se vinculaba con él en una especie extinta de la que se ignora su contexto molecular.

En otras palabras, para sostener la inferencia señalada con garantías mínimas, se deberían conocer las respuestas a preguntas como estas:

1. ¿Son los mismos los mecanismos reguladores de la expresión de la versión HAM y neandertal de *FOXP2*? Téngase en cuenta que pequeños cambios en esos mecanismos pueden originar fenotipos muy diferentes (Carroll, 2005).
2. Ya que el ARN tiene un papel regulador muy relevante para la expresión génica (Mattick *et al.*, 2009), ¿eran esos ARNs reguladores los mismos en ambos casos?
3. Ni siquiera la presencia de una misma proteína en un mismo momento y lugar garantiza que el fenotipo a cuya aparición contribuye en una especie sea idéntico en otra especie diferente, entre otras razones porque las proteínas se suelen asociar con otras proteínas en complejos multiproteínicos (y este parece el caso de *FOXP2*; cf. Li *et al.*, 2004); pues bien, ¿qué sucedía con la versión neandertal de *FOXP2*?
4. La proteína *FOXP2* es reguladora, lo que implica que debe integrarse en una red muy compleja para ser funcional, de la que no conocemos mucho en el ser humano actual, y nada en los Neandertales; Konopka *et al.* (2009) muestran que esa proteína activa hasta 61 genes y reprime otros 55 en los humanos con respecto a la proteína equivalente del chimpancé. ¿Qué sucedía en el caso de la proteína neandertal?
5. La célula en que se expresa un gen no es una entidad encapsulada, sino que puede ser afectada por muchos factores que condicionan la expresión de los genes. Uno de ellos son las modificaciones epigenéticas de la estructura del ADN: aunque no afectan a su secuencia, pueden condicionar mucho su transcripción (Jablonka y Lamb, 2005). Ya que esas modificaciones son heredables, y que se han vinculado con procesos cerebrales básicos, como la plasticidad cerebral (Gräff y Mansuy, 2008; Mehler, 2008), ¿en qué estado/s epigenético/s estaba el *FOXP2* neandertal?

No se conoce la respuesta a ninguna de estas preguntas, lo cual hace cuando menos arriesgado inferir que la mera presencia de *FOXP2* en los Neandertales implica automáticamente su posesión de lenguaje complejo.

El segundo problema central de la inferencia “*FOXP2* en Neandertales, por tanto lenguaje” es que asume que entre ese gen y el lenguaje hay una relación causal directa, lo cual implica concebir a los genes como agentes causales simples (Jablonka y Lamb, 2005: 6), idea tan extendida como falsa. Esa concepción, que conduce a pensar que un gen es responsable directo de un determinado fenotipo, es inviable, pues el desarrollo de

cualquier rasgo “involves interactions among many genes, many proteins and other types of molecules, and the environment in which an individual develops” (*ibidem*). De ahí la inviabilidad de esa relación causal directa (Blumberg, 2005; Moore, 2001; Moss, 2003). De hecho, la correlación entre una secuencia de ADN y un fenotipo dado, como el lenguaje, no implica una causación directa del fenotipo por parte de la secuencia. Eso equivaldría a afirmar que *FOXP2* no solo es condición necesaria sino también suficiente para el lenguaje. Como señala Bateson (2001: 157): “A disconnected wire can cause a car to break down, but this does not mean that the wire by itself is responsible for making the car move”. Y si la relación indirecta entre genes y rasgos rige siempre, en *FOXP2* aún rige más, dado su carácter de gen regulador o de control maestro. En resumen, la concepción criticada deja de lado la enorme complejidad de mecanismos existentes entre el genotipo y el fenotipo.

Por todo ello, la mera presencia de *FOXP2* en los Neandertales no permite inferir automáticamente que tuvieran lenguaje complejo. Estas palabras de Fisher y Scharff (2009: 173), y nótese que Fisher fue uno de los codescubridores de *FOXP2*, son muy claras: “It is worth emphasizing that because language is clearly underpinned by multifactorial influences, the status of a single gene in ancient DNA is insufficient to resolve long-standing debates over linguistic capacities of our extinct ancestors”. Por ello, la evidencia derivada del análisis de ADN fósil dista mucho de ser concluyente¹⁹.

Sin duda alguna, la evidencia más usada para inferir lenguaje ha sido la simbólica: como escriben d’Errico *et al.* (2009: 18), “Symbolic manifestations are the more cited evidence for the emergence of language and numerous scholars consider that the origin of language is intimately linked with that of the symbolic thought”. La causa de que los objetos simbólicos –o que asumimos como tales; *cf. infra*– se consideren indicadores fiables de la existencia de lenguaje complejo es

¹⁹ Otros tipos de evidencias son igualmente poco concluyentes: por ejemplo, en cuanto a la relación entre herramientas y lenguaje, *cf.* las interpretaciones opuestas de Klein (2009) y Bar-Yosef (2008) sobre qué revela la talla Levallois con respecto al lenguaje.

el consenso existente en Paleoantropología sobre la imposibilidad de desarrollar prácticas simbólicas complejas en ausencia de un lenguaje no menos complejo:

It is widely accepted that a direct connection must exist between, on the one hand, the eminently symbolic character of human language today – with its capacity to refer to facts that are real and things that are imaginary, to the past and to the future – and, on the other, the creation, maintenance and change of the material expression of symbolic thought in human cultures [...]. Only a communication system like human language or something functionally equivalent to it can unambiguously transmit the symbolic meanings of signs as well as the structured links between them. Also, because syntactical language is the only natural system of communication which bears a built-in meta-language, one that permits the creation and transmission of other symbolic codes [...], systematic use of symbolic material culture, when discerned in ancient human populations, may be seen as a reliably proxy for the acquisition of language and fully modern cognitive abilities (d’Errico *et al.*, 2009: 18-19)²⁰.

El racional que guía ese razonamiento es la creencia de que la conducta simbólica²¹ debe apoyarse en un sistema representacionalmente tan potente como el lenguaje, que permite sobrepasar el ‘aquí y ahora’ (Bickerton, 1990; Dennett, 1995, 1996; Jerison, 1985), capacidad que subyace precisamente a los símbolos. En resumen, los objetos simbólicos serían una de las señas más claras de modernidad conductual (sobre esta noción *cf.* Henshilwood y Marean, 2003: 268; Klein, 2009: 742; McBrearty y Brooks, 2000: 492), que acarrear automáticamente la presencia de lenguaje.

Sin embargo, la evidencia simbólica presenta algunos problemas, de los que está libre la perspectiva computacional. Me restrinjo a discutir dos.

²⁰ Para razonamientos muy similares *cf.* d’Errico *et al.* (2005: 19-20), Henshilwood *et al.* (2002: 1279), Henshilwood y Dubreuil (2009: 46) o McBrearty y Brooks (2000: 486), entre otros.

²¹ Definida por McBrearty y Brooks (2000: 492) como “the ability to represent objects, people, and abstract concepts with arbitrary symbols, vocal or visual, and reify such symbols in cultural practice”.

El primero consiste en que aunque es usual defender el vínculo automático entre el simbolismo y el lenguaje, se echa en falta la especificación precisa de en qué se basa esa relación, y la inferencia correspondiente, más allá de razonamientos genéricos y a veces tautológicos. Por ejemplo, sobre las dos piezas de ocre con grabados geométricos de Blombos (Figs. 10 y 13), Henshilwood *et al.* (2002: 1279) señalan que “the transmission and sharing of the meaning of the engravings relied on fully syntactical language” (*cf.* también Henshilwood y Dubreuil, 2009: 45), mientras que d’Errico *et al.* (2005: 19-20) escriben, sobre el hallazgo de 41 conchas marinas perforadas en Blombos de los niveles M1 -75 ka- y M2 -78 ka-, que “Since syntactical language is the only means of communication bearing a built-in meta-language that permits creation and transmission of other symbolic codes [...], beadwork represents a reliably proxy for the acquisition of language and fully modern cognitive abilities”.

Razonamientos como esos no muestran de modo preciso por qué piezas simbólicas como las referidas presuponen un lenguaje sintáctico. Esto es, falta explicitar por qué, y en qué sentidos concretos, esas piezas implican lenguaje complejo. A pesar de que el vínculo no se muestra explícitamente, se aplica tautológicamente para inferir lenguaje. Esta falta de justificación es criticada por Botha (2009, 2010) con respecto a los ornamentos, pero puede extenderse al resto de elementos simbólicos. Según Botha (2010: 352), faltan las ‘teorías-puente’ en forma de pasos inferenciales suficientemente motivados que permitan conectar inequívocamente los dominios simbólico y lingüístico, de modo que “the symbols-to-syntax inference needs to include a deeper level of supporting theory”.

El segundo problema es más serio. Suele asumirse que ciertos objetos prehistóricos tienen naturaleza simbólica, pero esta supuesta naturaleza se establece sobre parámetros modernos, en los que inevitablemente se inscribe el investigador. Pero que una conducta dada se asocie hoy a ciertas manifestaciones no presupone que se asociara a ellas hace decenas de miles de años, donde podrían haber existido, dada la lejanía temporal, sistemas no compartidos con los actuales (Balari *et al.*, 2008). Un ejemplo claro es el ‘arte’: aunque muchos objetos prehistóricos se consideran

artísticos, señala Lewis-Williams (2002: 43) que la noción actual de arte ni siquiera existía en la Edad Media, donde no se distinguía entre artesano y artista. Así, calificar como ‘artísticos’ objetos prehistóricos supone proyectar la concepción actual del arte a una época demasiado lejana, en la cual seguramente no existía. Por ello, la noción de arte aplicada a la Prehistoria “assumes a present-day perception of what was done that has no warrant” (Davidson y Noble, 1989: 128, n. 2)²².

Lo dicho se aplica diáfananamente al simbolismo: aunque se atribuye naturaleza simbólica a muchas piezas, no podemos saber con garantías si realmente lo eran: los sistemas de creencias e ideas prehistóricos están demasiado alejados, por lo que son impenetrables para nosotros, que a la fuerza debemos juzgar sobre los sistemas de creencias actuales, los únicos de los que participamos.

Esto es reconocido por Mackay y Welz (2008), quienes señalan que es imposible saber si la pieza de Klein Kliphuis (Fig. 9) se hizo con intención simbólico-representacional. Aunque la pieza responde a un diseño intencional ... “whether or not engraved ochre necessarily carries any symbolic significance is a different matter. In order to be symbolic, it is necessary that the design has a cognitively constructed and conventionally maintained relationship with some other thing, either physical or conceptual. Clearly, no such relationship can be demonstrated on the basis of the available evidence” (*ibidem*: 1529).

Según ambos autores ... “of course, the same argumentation can be made with regard to the engraved ochre from Blombos Cave. Though there is almost a self-evident sense of meaningfulness to the Blombos piece, this is not, in truth, sufficient to make any argument for its symbolic significance in the sense above” (*ibidem*).

Por tanto, concluyen que “we cannot infer symbolic significance from any given piece of engraved ochre” (*ibidem*). En suma, es posible que esas piezas se hicieran con intención simbólico-representacional, pero nunca se podrá saber con certeza. Ese carácter supuestamente simbólico de los diseños solo puede suponerse a partir de que ... “no functional interpretation of these

²² También según Nowell (2006: 244) “‘Art’ as a modern Western construct is anachronistic with the Palaeolithic”.

engravings can be reasonably implied” (d’Errico *et al.*, 2009: 27). Pero que no exista una interpretación funcional –recordemos, según las premisas modernas del arqueólogo– no prueba en sí mismo que la pieza fuera simbólica; esto es un *non sequitur* a partir de la premisa previa. A pesar de ello, piezas como esas se asumen como simbólicas, para inferir la existencia de lenguaje.

El enfoque computacional, sin embargo, está libre de ese problema: dado que procede analizando rasgos formales de las piezas que revelen cierta complejidad computacional, este enfoque no depende de la ‘semántica’ de la pieza, siendo irrelevante saber si las piezas eran simbólicas o no. Solo basta con que las piezas sean intencionales para inferir a partir de ellas el poder computacional de quienes las hicieron. Además, el enfoque computacional permite a mi juicio ofrecer una ‘teoría-puente’ en la que asentar las inferencias realizadas, frente a la falta de motivación de los pasos inferenciales que según Botha caracteriza la aplicación del enfoque simbólico. Finalmente, la perspectiva computacional casa perfectamente con que FL no es según la lingüística chomskyana una conducta, simbólica o de otro tipo, sino un sistema natural de computación²³.

El último aspecto de este apartado se refiere a un interesante comentario de un revisor de *Zephyrus*, cuya clarificación es obligada. Según el revisor, el enfoque computacional no parece superior al usualmente empleado de inferir lenguaje a partir del simbolismo: dado que a su juicio el lenguaje es una consecuencia de las capacidades de simbolización, el análisis de los rasgos formales de los objetos o de la capacidad simbólica apuntan a la misma conclusión, la existencia de lenguaje complejo. En primer lugar, como he sostenido, la existencia de simbolismo solo puede ser supuesta, pero no mostrada inequívocamente. Pero más allá de ello, aunque se suele asumir una

²³ Mi intención en este apartado no es sostener una posición exclusivista que rechace cualquier otro tipo de evidencia que no sea la computacional, sino simplemente señalar algunos problemas planteados por otras evidencias, razón por la cual el enfoque computacional se podría erigir, como anticipé en el apartado 1, en una útil herramienta para la Paleoantropología, al ofrecer una nueva perspectiva que añadir a las ya existentes y que permite confrontar o complementar las predicciones respectivas.

correlación estrecha entre simbolismo y lenguaje, desde una perspectiva lingüística no es tan obvio que los símbolos lingüísticos sean un subtipo de los elementos simbólicos, y, por tanto, de conducta simbólica. Este aspecto, tratado en Balari *et al.* (2011), implica que la semántica del lenguaje natural se comporta de modo muy diferente al modo en que los símbolos culturales devienen significativos.

Según Eco (1975: cap. 2), las culturas solo pueden entenderse como sistemas complejos y opacos de significaciones; complejos, porque el significado de cada elemento depende de su relación con el resto; opacos, porque no es posible conocer el significado de un símbolo concreto si desconocemos cómo se usa. Sin embargo, esto no se aplica al lenguaje natural: al conocer el significado de palabras concretas –león, ángel, saltarín, azul–, accedemos automáticamente a los significados de sus posibles combinaciones –león saltarín, león azul, ángel saltarín, ángel azul, o el león azul que atacó al ángel saltarín–, incluso referidos a situaciones no familiares o irreales (Fodor, 1975). Esto significa que la semántica del lenguaje natural tiene dos rasgos clave, composicionalidad y productividad, de los que carece cualquier sistema cultural de símbolos²⁴. Por ello, la cultura simbólica y FL son entidades con rasgos muy diferentes: la primera supone sistemas culturalmente complejos de conductas adquiridas, pero la segunda es un componente natural de la mente/cerebro humana. Esto sugiere que la conexión entre ambas en los humanos podría ser un hecho contingente sobre el que no es sencillo basar generalizaciones como la señalada –lenguaje a partir de simbolismo–. Así parece mostrarlo la investigación con primates y otros animales en laboratorio (Savage-Rumbaugh y Lewin, 1994), que pueden adquirir sistemas simbólicos, pero ninguno ha desarrollado un sistema lingüístico combinatorio.

Lo señalado significa que la asociación entre simbolismo y lenguaje puede no ser tan inequívoca como se asume en Paleoantropología. Y esto

²⁴ El principio de composicionalidad enuncia que “the meaning of a piece of language is based solely on the meanings of its (linguistically relevant) parts, and the way they are put together” (Portner, 2005: 34). Gracias a este principio se puede explicar la creatividad lingüística, que produce infinitas expresiones a partir de la combinación sintáctica de un número finito de elementos.

tiene una implicación muy clara: normalmente se ha sostenido la presencia de lenguaje a partir de juzgar evidencias interpretadas como simbólicas. Eso ha llevado a disputas sobre si determinados objetos son simbólicos o no, pues eso supondría afirmar o negar la presencia de lenguaje moderno en las especies que los hicieron. Imaginemos que los diseños pre-Sapiens fueran realmente simbólicos –algo que nunca se llegará a saber–. La predicción del enfoque simbólico sería que quienes los hicieron tuvieron lenguaje complejo; sin embargo, frente a lo que señala el revisor, la predicción del enfoque computacional es muy diferente, ausencia de lenguaje complejo, dados los procesos computacionales implicados en esos diseños. Por tanto, incluso aunque se supiera que un objeto es simbólico, ese simbolismo no tendría por qué asociarse al lenguaje complejo. De ahí que el modelo computacional efectúe diferentes predicciones del simbólico, además de evitar la cuestión de si un objeto dado era realmente simbólico.

7. Conclusiones

El artículo ha propuesto un nuevo método para leer el registro arqueológico, que puede ser una herramienta de gran interés para la Paleontología. Ese método no se basa en la conducta con la que se asociaban los objetos, sino en analizarlos según las capacidades computacionales mentales requeridas para producirlos, buscando en esos objetos ciertos rasgos formales que presupongan un poder computacional semejante al necesitado para el lenguaje.

He extendido ese método, propuesto en origen por Uriagereka y asociados para analizar la evidencia de nudos en el registro arqueológico, al análisis de los diseños geométricos prehistóricos del Paleolítico inferior y medio –Neandertales y Heidelbergensis– y de la Edad de la Piedra media (HAM). La comparación entre ambos tipos de diseños es muy reveladora: los diseños pre-HAM son computacionalmente mucho más simples, pues muestran un régimen de Tipo 3, equivalente a un autómata de estados finitos, sin mecanismo de memoria, por lo que se basan en pasos secuenciales y excluyen cualquier DLD. El sistema computacional revelado por esos diseños es mucho menos complejo que el requerido para el lenguaje.

Por el contrario, los diseños geométricos de los HAM muestran un salto fuerte en las capacidades computacionales, con una complejidad ajena al repertorio de diseños de especies anteriores, pues presuponen regímenes de Tipo 2 o de Tipo 1, con mecanismos de memoria y DLDs anidadas o cruzadas. Este sistema computacional es del mismo tipo formal que el presupuesto por el lenguaje.

El análisis desarrollado concuerda, aunque con otras premisas –computacionales, no psicológicas–, con propuestas que enfatizan el aumento de la memoria de trabajo en los HAM, como Coolidge y Wynn (2009), Russell (1996) o Wynn y Coolidge (2004) y los trabajos recogidos en Wynn y Coolidge (2010).

Finalmente, este enfoque ofrece la gran ventaja de evitar la dificultosa cuestión de si los diseños geométricos se hicieron con propósito simbólico-representacional o no. Para implementarlo no es necesario conocer nada sobre la ‘semántica’ de la pieza, sino solo centrarse en sus rasgos formales.

Bibliografía

- AMBROSE, S. (2001): “Paleolithic technology and human evolution”, *Science*, 291, pp. 1748-1753.
- ANDERSON, S. y LIGHTFOOT, D. (2002): *The language organ. Linguistics as cognitive physiology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ARBIB, M. (2005): “The Mirror System hypothesis: How did protolanguage evolve?”. En TALLERMAN, M. (ed.): *Language origins. Perspectives on evolution*. New York: Oxford University Press, pp. 21-47.
- ARSUAGA, J. L. y MARTÍNEZ, I. (1998): *La especie elegida. La larga marcha de la evolución humana*. Madrid: Temas de Hoy.
- BADDELEY, A. (1986): *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.
- (2007): *Working memory, thought, and action*. Oxford: Oxford University Press.
- BALARI, S.; BENÍTEZ-BURRACO, A.; CAMPS, M.; LONGA, V. M. y LORENZO, G. (2012): “Knots, language, and computation: A bizarre love triangle? Replies to objections”, *Biolinguistics*, 6/1, pp. 79-111.
- BALARI, S.; BENÍTEZ-BURRACO, A.; CAMPS, M.; LONGA, V. M.; LORENZO, G. y URIAGEREKA, J. (2008): “¿Homo loquens neanderthalensis? En torno a las capacidades simbólicas y lingüísticas del Neandertal”, *Munibe*, 59, pp. 3-24.
- (2011): “The archaeological record speaks: Bridging Anthropology and Linguistics”, *International*

- Journal of Evolutionary Biology*, vol. 2011, pp. 1-17, doi: 10.4061/2011/382679.
- (2013): “The fossils of language: What are they, who has them, how did they evolve?”. En BOECKX, C. y GROHMANN, K. K. (eds.): *Handbook of Biolinguistics*. New York: Cambridge University Press.
- BALARI, S. y LORENZO, G. (2009): “Computational phenotypes: Where the theory of computation meets Evo-Devo”, *Biolinguistics*, 3/1, pp. 2-60.
- (2013): *Computational phenotypes. Towards an evolutionary developmental biolinguistics*. Oxford: Oxford University Press.
- BAR-YOSEF, O. (2008): “Can Paleolithic stone artifacts serve as evidence for prehistoric language?”. En BENGTON, J. (ed.): *In hot pursuit of Prehistory*. Amsterdam: John Benjamins, pp. 373-379.
- BATESON, P. (2001): “Behavioral development and Darwinian evolution”. En OYAMA, S.; GRIFFITHS, P. y GRAY, R. (eds.): *Cycles of contingencies. Developmental systems and evolution*. Cambridge, MA: MIT Press, pp. 149-166.
- BEDNARIK, R. (1995): “Concept-mediated marking in the Lower Palaeolithic”, *Current Anthropology*, 36/4, pp. 605-616.
- (2003): “The earliest evidence of palaeoart”, *Rock Art Research*, 20, pp. 89-135.
- BENAZZI, S. (2012): “The first modern Europeans”, *Journal of Anthropological Sciences*, 90, pp. 3-6.
- BENAZZI, S.; DOUKA, K.; FORNAI, C.; BAUER, C. C.; KULLMER, O.; SVOBODA, J.; PAR, I.; MALLEGNI, F.; BAYLE, P.; COQUERELLE, M.; CONDEMI, S.; RONCHITELLI, A.; HARVATI, K. y WEBER, G. W. (2011): “Early dispersal of modern humans in Europe and implications for Neanderthal behavior”, *Nature*, 479, pp. 525-528.
- BENÍTEZ-BURRACO, A. y LONGA, V. M. (2011): “El papel del ADN fósil en Paleoantropología”, *Zephyrus*, LXVII, pp. 45-68.
- (2012a): “Right-handedness, lateralization and language in Neanderthals: A comment on Frayer *et al.* (2010)”, *Journal of Anthropological Sciences*, 90, pp. 187-192.
- (2012b): “On the inference ‘Neanderthals had *FOXP2* = They had complex language’”. En SCOTT-PHILLIPS, T.; TAMARIZ, M.; CARTMILL, E. y HURFORD, J. (eds.): *The evolution of language. Proceedings of Evolang*. Singapur: World Scientific, pp. 50-57.
- BENÍTEZ BURRACO, A.; LONGA, V. M.; LORENZO, G. y URIAGEREKA, J. (2008): “Also sprach Neanderthal-sis... Or did she?”, *Biolinguistics*, 2/2-3, pp. 225-232.
- BERMÚDEZ DE CASTRO, J. M.^a (2010): *La evolución del talento. Cómo nuestros orígenes determinan nuestro presente*. Barcelona: Debate.
- BICKERTON, D. (1990): *Language and species*. Chicago: University of Chicago Press.
- BLUMBERG, M. (2005): *Basic instinct. The genesis of behavior*. New York: Thunder’s Mouth Press.
- BOË, L.-J.; HEIM, J.-L.; HONDA, K. y MAEDA, S. (2002): “The potential Neanderthal vowel space was as large as that of modern humans”, *Journal of Phonetics*, 30/3, pp. 465-484.
- BOË, L.-J.; MAEDA, S. y HEIM, J. L. (1999): “Neanderthal man was not morphologically handicapped for speech”, *Evolution of Communication*, 3/1, pp. 49-77.
- BOTHA, R. (2009): “Theoretical underpinnings of inferences about language evolution: the syntax used at Blombos Cave”. En BOTHA, R. y KNIGHT, C. (eds.): *The cradle of language*. New York: Oxford University Press, pp. 93-111.
- (2010): “On the soundness of inferring modern language from symbolic behaviour”, *Cambridge Archaeological Journal*, 20, pp. 345-356.
- BOTHA, R. y KNIGHT, C. (eds.) (2009): *The cradle of language*. New York: Oxford University Press.
- BRESNAN, J.; KAPLAN, R.; PETERS, S. y ZAENEN, A. (1987): “Cross-serial dependencies in Dutch”. En SAVITCH, W.; BACH, E.; MARSH, W. y SAFRAN-NAVEH, G. (eds.): *The formal complexity of natural language*. Dordrecht: Reidel, pp. 286-319.
- CAMPS, M. y URIAGEREKA, J. (2006): “The gordian knot of linguistic fossils”. En ROSSELLÓ, J. y MARTÍN, J. (eds.): *The biolinguistic turn. Issues on language and biology*. Barcelona: Universitat de Barcelona, pp. 34-65.
- CARROLL, S. (2005): *Endless forms most beautiful. The new science of Evo Devo and the making of the animal kingdom*. New York: W.W. Norton.
- CARSTAIRS-MCCARTHY, A. (1999): *The origins of complex language*. New York: Oxford University Press.
- CHALINE, J. (1994): *Une famille peu ordinaire. Du singe a l’homme*. Paris: Du Seuil.
- CHOMSKY, N. (1956): “Three models for the description of language”, *IRE Transactions on Information Theory*, 2, pp. 113-124.
- (1959): “On certain formal properties of grammars”, *Information and Control*, 2, pp. 137-167.
- (1980): *Rules and representations*. New York: Columbia University Press.
- (1988): *Language and problems of knowledge*. Cambridge, MA: MIT Press.
- (1995): *The Minimalist Program*. Cambridge, MA: MIT Press.
- (1998): *Una aproximación naturalista a la mente y al lenguaje*. Barcelona: Prensas Ibéricas.
- (2000): *The architecture of language*. Oxford: Oxford University Press.
- (2002): *On nature and language*. Cambridge: Cambridge University Press.

- COOLIDGE, F. L. y WYNN, T. (2004): "A cognitive and neuropsychological perspective on the Châtelperronian", *Journal of Anthropological Research*, 60, pp. 55-73.
- (2009): *The rise of Homo sapiens. The evolution of modern thinking*. Chichester: Wiley-Blackwell.
- CRÉMADES, M.; LAVILLE, H.; SIRAKOV, N. y KOZŁOWSKI, J. (1995): "Une pierre gravée de 50 000 ans B.P. dans les Balkans", *Paléo*, 7, pp. 201-209.
- CRYSTAL, D. (2010): *The Cambridge encyclopedia of language*. 3rd ed. New York: Cambridge University Press.
- DAVIDSON, I. y NOBLE, W. (1989): "The archaeology of perception: Traces of depiction and language", *Current Anthropology*, 30, pp. 125-155.
- DENNETT, D. (1995): *Darwin's dangerous idea*. New York: Simon & Schuster.
- (1996): *Kinds of minds*. New York: Basic Books.
- DIBBLE, H. y BAR-YOSEF, O. (1995): *The definition and interpretation of Levallois technology*. Madison: Prehistory Press.
- ECO, U. (1975): *Trattato di semiotica generale*. Milano: Bompiani.
- ENARD, W.; PRZEWORSKI, M.; FISHER, S.; LAI, C. S.; WIEBE, V.; KITANO, T.; MONACO, A. P. y PÄÄBO, S. (2002): "Molecular evolution of *FOXP2*, a gene involved in speech and language", *Nature*, 418, pp. 869-872.
- ERRICO, F. D' (2001): "Memories out of mind: The archaeology of the oldest artificial memory systems". En NOWELL, A. (ed.): *In the mind's eye: Multidisciplinary approaches to the evolution of human cognition*. Ann Arbor: International Monographs in Prehistory, pp. 33-49.
- (2003): "The invisible frontier: A multispecies model for the origin of behavioral modernity", *Evolutionary Anthropology*, 12, pp. 188-202.
- ERRICO, F. D'; HENSHILWOOD, C.; LAWSON, G.; VANHAEREN, M.; TILLIER, A.-M.; SORESSI, M.; BRESSON, F.; MAUREILLE, B.; NOWELL, A.; LAKARRA, J.; BACKWELL, L. y JULIEN, M. (2003): "Archaeological evidence for the emergence of language, symbolism, and music—An alternative multidisciplinary perspective", *Journal of World Prehistory*, 17, pp. 1-70.
- ERRICO, F. D'; HENSHILWOOD, C.; VANHAEREN, M. y NIEKERK, K. VAN (2005): "*Nassarius kraussianus* shell beads from Blombos Cave: evidence for symbolic behaviour in the Middle Stone Age", *Journal of Human Evolution*, 48, pp. 3-24.
- ERRICO, F. D' y VANHAEREN, M. (2009): "Earliest personal ornaments and their significance for the origin of language debate". En BOTHA, R. y KNIGHT, C. (eds.): *The cradle of language*. New York: Oxford University Press, pp. 16-40.
- ERRICO, F. D'; VANHAEREN, M.; HENSHILWOOD, C.; LAWSON, G.; MAUREILLE, B.; GAMBIER, D.; TILLIER, A.-M.; SORESSI, M. y NIEKERK, K. VAN (2009): "From the origin of language to the diversification of languages: What can archaeology and palaeoanthropology say?". En ERRICO, F. D' y HOMBERT, J. M. (eds.): *Becoming eloquent*. Amsterdam: John Benjamins, pp. 13-68.
- ERRICO, F. D' y VILLA, P. (1997): "Holes and grooves: the contribution of microscopy and taphonomy to the problem of art origins", *Journal of Human Evolution*, 33, pp. 1-31.
- EVERETT, D. (2005): "Cultural constraints on grammar and cognition in Pirahã: Another look at the design features of human language", *Current Anthropology*, 46/4, pp. 621-646.
- FALK, D. (1975): "Comparative anatomy of the larynx in man and in chimpanzee: Implications for language in Neanderthal", *American Journal of Physical Anthropology*, 43/1, pp. 123-132.
- FINLAYSON, C. (2009): *The humans who went extinct. Why Neanderthals died out and we survived*. New York: Oxford University Press.
- FISHER, S. y SCHARFF, C. (2009): "*FOXP2* as a molecular window into speech and language", *Trends in Genetics*, 25/4, pp. 166-177.
- FITCH, W. T. (2000): "The phonetic potential of non-human vocal tracts: comparative cineradiographic observations of vocalizing animals", *Phonetica*, 57, pp. 205-218.
- (2002): "Comparative vocal production and the evolution of speech: reinterpreting the descent of the larynx". En WRAY, A. (ed.): *The transition to language*. New York: Oxford University Press, pp. 21-45.
- (2009): "Fossil cues to the evolution of speech". En BOTHA, R. y KNIGHT, C. (eds.): *The cradle of language*. New York: Oxford University Press, pp. 112-134.
- FITCH, W. T. y REBY, D. (2001): "The descended larynx is not uniquely human", *Proceedings of the Royal Society of London*, 268, pp. 1669-1675.
- FODOR, J. (1975): *The language of thought*. New York: Thomas Crowell.
- FRAYER, D.; FIORE, I.; LALUEZA-FOX, C.; RADOVČIĆ, J. y BONDIOLI, L. (2010): "Right handed Neanderthals: Vindija and beyond", *Journal of Anthropological Sciences*, 88, pp. 113-127.
- (2012): "Reply to Benítez-Burraco & Longa: When is enough, enough?", *Journal of Anthropological Sciences*, 90, pp. 193-197.
- FREY, R. y RIEDE, T. (2003): "Sexual dimorphism of the larynx of the Mongolian Gazelle (*Procapra gutturosa* Pallas, 1777) (Mammalia, Artiodactyla, Bovidae)", *Zoologischer Anzeiger*, 242, pp. 33-62.

- GALLISTEL, R. y KING, A. (2009): *Memory and the computational brain: Why cognitive science will transform neuroscience*. Chichester: Wiley-Blackwell.
- GRÄFF, J. y MANSUY, I. M. (2008): "Epigenetic codes in cognition and behaviour", *Behavioural Brain Research*, 192, pp. 70-87.
- HARROD, J. (2007): "Deciphering Later Acheulian period marking motifs (LAMrk): Impressions of the Later Acheulian mind". Accesible en www.originsnet.org/publications.html (12-06-2012).
- HARVATI, K. (2010): "Neanderthals", *Evolution: Education and Outreach*, 3/3, pp. 367-376.
- HAUSER, M. D.; CHOMSKY, N. y FITCH, W. T. (2002): "The faculty of language: What is it, who has it, and how did it evolve?", *Science*, 298, pp. 1569-1579.
- HAUSER, M. D. y FITCH, W. T. (2003): "What are the uniquely human components of the language faculty?". En CHRISTIANSEN, M. y KIRBY, S. (eds.): *Language evolution*. New York: Oxford University Press, pp. 158-181.
- HENSHILWOOD, C. y DUBREUIL, B. (2009): "Reading the artifacts: Gleaning language skills from the Middle Stone Age in southern Africa". En BOTHA, R. y KNIGHT, C. (eds.): *The cradle of language*. New York: Oxford University Press, pp. 41-61.
- HENSHILWOOD, C.; ERRICO, F. D' y WATTS, I. (2009): "Engraved ochres from the Middle Stone Age levels of Blombos Cave, South Africa", *Journal of Human Evolution*, 57, pp. 27-47.
- HENSHILWOOD, C.; ERRICO, F. D'; YATES, R.; JACOBS, Z.; TRIBOLO, C.; DULLER, G.; MERCIER, N.; SEALY, J.; VALLADAS, H.; WATTS, I. y WINTLE, A. (2002): "Emergence of modern human behavior: Middle Stone Age engravings from South Africa", *Science*, 295, pp. 1278-1280.
- HENSHILWOOD, C. y MAREAN, C. (2003): "The origin of modern human behavior. Critique of the models and their test implications", *Current Anthropology*, 44, pp. 627-651.
- HERZFELD, C. y LESTEL, D. (2005): "Knot tying in great apes: Etho-ethnology of an unusual tool behavior", *Social Science Information*, 44, pp. 621-653.
- HIGHAM, T.; JACOBI, R.; JULIEN, M.; DAVID, F.; BASELL, L.; WOOD, R.; DAVIES, W. y RAMSEY, C. (2010): "Chronology of the Grotte du Renne (France) and implications for the context of ornaments and human remains within the Châtelperronian", *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 107/47, pp. 20234-20239.
- HUYBREGTS, M. (1976): "Overlapping dependencies in Dutch", *Utrecht Working Papers in Linguistics*, 1, pp. 24-65.
- INGOLD, T. (2007): *Lines. A brief history*. London & New York: Routledge.
- JABLONKA, E. y LAMB, M. (2005): *Evolution in four dimensions. Genetic, epigenetic, behavioral, and symbolic variation in the history of life*. Cambridge, MA: MIT Press.
- JERISON, H. (1985): "Animal intelligence as encephalization". En WEISKRANTZ, L. (ed.): *Animal intelligence*. Oxford: Clarendon Press, pp. 21-35.
- JOSHI, A. (1985): "Tree adjoining grammars: How much context-sensitivity is required to provide reasonable structural descriptions?". En DOWTY, D.; KARTTUNEN, L. y ZWICKY, A. (eds.): *Natural language parsing. Psychological, computational, and theoretical perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 206-250.
- KLEIN, R. (2009): *The human career*. 3rd ed. Chicago: Chicago University Press.
- KONOPKA, G.; BOMAR, J. M.; WINDEN, K.; COPPOLA, G.; JONSSON, Z. O.; GAO, F.; PENG, S.; PREUSS, T. M.; WOHLSCHEGEL, J. A. y GESCHWIND, D. H. (2009): "Human-specific transcriptional regulation of CNS development genes by *FOXP2*", *Nature*, 462, pp. 213-217.
- KRAUSE, J.; LALUEZA-FOX, C.; ORLANDO, L.; ENARD, W.; GREEN, R. E.; BURBANO, H. A.; HUBLIN, J. J.; HÄNNI, C.; FORTEA, J.; RASILLA, M. DE LA; BERTRANPETIT, J.; ROSAS, A. y PÄÄBO, S. (2007): "The derived *FOXP2* variant of modern humans was shared with Neandertals", *Current Biology*, 17, pp. 1908-1912.
- LANGLEY, M.; CLARKSON, C. y ULM, S. (2008): "Behavioural complexity in Eurasian Neanderthal populations: A chronological examination of the archaeological evidence", *Cambridge Archaeological Journal*, 18/3, pp. 289-307.
- LE MAY, M. (1975): "The language capability of Neanderthal man", *American Journal of Physical Anthropology*, 42/1, pp. 9-14.
- LEVELT, W. (2008): *An introduction to the theory of formal languages and automata*. Amsterdam: John Benjamins.
- LEWIS-WILLIAMS, D. (2002): *The mind in the cave. Consciousness and the origins of art*. London: Thames & Hudson. Cito por la trad. esp., *La mente en la caverna. La conciencia y los orígenes del arte*. Madrid: Akal, 2005.
- LHOMME, V. y NORMAND, E. (1993): "Présentation des galets striés de la couche inférieure du gisement moustérien de 'Chez Pourre-Chez Comte' (Corrèze)", *Paléo*, 5, pp. 121-125.
- LI, S.; WEIDENFELD, J. y MORRISSEY, E. E. (2004): "Transcriptional and DNA binding activity of the *Foxp1/2/4* family is modulated by heterotypic and

- homotypic protein interactions”, *Molecular and Cellular Biology*, 24, pp. 809-822.
- LIEBERMAN, P. (1984): *The biology and evolution of language*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- (1991): *Uniquely human. The evolution of speech, thought, and selfless behavior*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- (2000): *Human language and our reptilian brain. The subcortical bases of speech, syntax, and thought*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- (2003): “Motor control, speech, and the evolution of human language”. En CHRISTIANSEN, M. y KIRBY, S. (eds.): *Language evolution*. New York: Oxford University Press, pp. 255-271.
- (2006): *Toward an evolutionary biology of language*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- (2007): “The evolution of human speech. Its anatomical and neural bases”, *Current Anthropology*, 48/1, pp. 39-66.
- LIEBERMAN, P. y CRELIN, E. (1971): “On the speech of Neanderthal man”, *Linguistic Inquiry*, 2, pp. 203-222.
- LONGA, V. M. (2005): “Bibliografía comentada sobre la emergencia y la evolución del lenguaje (1990-2004)”, *Moenia*, 11, pp. 423-458.
- (2006): “Sobre el significado del descubrimiento del gen *FOXP2*”, *Estudios de Lingüística. Universidad de Alicante*, 20, pp. 177-207.
- (2012a): *Lenguaje humano y comunicación animal: análisis comparativo*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- (2012b): “Qué revelan las representaciones materiales de la Prehistoria sobre representaciones mentales”, *Representaciones. Revista de Estudios sobre Representación en Arte, Ciencia y Filosofía*, 8/1, pp. 79-104.
- MACKAY, A. y WELZ, A. (2008): “Engraved ochre from a Middle Stone Age context at Klein Kliphuis in the Western Cape of South Africa”, *Journal of Archaeological Science*, 35/6, pp. 1521-1532.
- MARSHACK, A. (1976): “Some implications of the Paleolithic symbolic evidence for the origin of language”, *Current Anthropology*, 17, pp. 274-282.
- (1996): “A Middle Paleolithic symbolic composition from the Golan Heights: The earliest known depictive image”, *Current Anthropology*, 37, pp. 357-365.
- (1997): “Paleolithic image making and symboling in Europe and the Middle East: A comparative review”. En CONKEY, M.; SOFFER, O.; STRATMANN, D. y JABLONSKI, N. (eds.): *Beyond art. Pleistocene image and symbol*. San Francisco: California Academy of Sciences, pp. 53-91.
- MARTÍNEZ MENDIZÁBAL, I. y ARSUAGA, J. L. (2009): “El origen del lenguaje: la evidencia paleontológica”, *Munibe (Antropología-Arkeología)*, 60, pp. 5-16.
- MATTICK, J. S.; TAFT, R. J. y FAULKNER, G. J. (2009): “A global view of genomic information: moving beyond the gene and the master regulator”, *Trends in Genetics*, 26, pp. 21-28.
- MCBREARTY, S. y BROOKS, A. (2000): “The revolution that wasn’t: A new interpretation of the origin of modern human behavior”, *Journal of Human Evolution*, 39, pp. 453-563.
- MEHLER, M. F. (2008): “Epigenetic principles and mechanisms underlying nervous system functions in health and disease”, *Progress in Neurobiology*, 86, pp. 305-341.
- MELLARS, P. (1996): “Symbolism, language, and the Neanderthal mind”. En MELLARS, P. y GIBSON, K. (eds.): *Modelling the early human mind*. Cambridge: McDonald Institute for Archaeological Research, pp. 15-32.
- (1998): “Neanderthals, modern humans and the archaeological evidence for language”. En JABLONSKI, N. y AIELLO, L. C. (eds.): *The origin and diversification of language*. San Francisco: California Academy of Sciences, pp. 89-115.
- (2005): “The impossible coincidence. A single-species model for the origins of modern human behavior in Europe”, *Evolutionary Anthropology*, 14, pp. 12-27.
- MITHEN, S. (2005): *The singing Neanderthals*. London: Weidenfeld & Nicholson.
- MORENO CABRERA, J. C. (2000): *La dignidad e igualdad de las lenguas*. Madrid: Alianza Editorial.
- MOORE, D. S. (2001): *The dependent gene. The fallacy of 'nature vs. nurture'*. New York: Henry Holt.
- MOSS, L. (2003): *What genes can't do*. Cambridge, MA: MIT Press.
- NEVINS, A.; PESETSKY, D. y RODRÍGUEZ, C. (2009): “Pirahã exceptionality: A reassessment”, *Language*, 85/2, pp. 355-404.
- NISHIMURA, T.; MIKAMI, A.; SUZUKI, J. y MATSUZAWA, T. (2006): “Descent of the hyoid in chimpanzees: evolution of face flattening and speech”, *Journal of Physical Anthropology*, 51, pp. 244-254.
- NOWELL, A. (2006): “From a Paleolithic art to Pleistocene visual cultures (Introduction to ‘Advances in the Study of Pleistocene imagery and symbol use’)”, *Journal of Archaeological Method and Theory*, 13/4, pp. 239-249.
- NOWELL, A. y ERRICO, F. D’ (2007): “The art of taphonomy and the taphonomy of art: Layer IV, Molodova 1, Ukraine”, *Journal of Archaeological Method and Theory*, 14/1, pp. 1-26.
- PARKINGTON, J.; POGGENPOEL, C.; RIGAUD, J. P. y TEXIER, P. (2005): “From tool to symbol: the

- behavioural context of intentionally marked ostrich eggshell from Diepkloof, Western Cape". En ERRI-CO, F. D' y BACKWELL, L. (eds.): *From tools to symbols*. Johannesburg: Witwatersrand University Press, pp. 475-492.
- PETERSSON, K.; FOLIA, V. y HAGOORT, P. (2012): "What artificial grammar learning reveals about the neurobiology of syntax", *Brain and Language*, 120/2, pp. 83-95.
- PIATTELLI-PALMARINI, M. y URIAGEREKA, J. (2005): "The evolution of the narrow faculty of language: The skeptical view and a reasonable conjecture", *Lingue e Linguaggio*, IV, pp. 27-79.
- PORTNER, P. (2005): *What is meaning? Fundamentals of formal semantics*. Oxford: Blackwell.
- PROCTOR, R. (2007): "Material metaphors. Review of *Origins and revolutions* by Clive Gamble", *Nature*, 448, pp. 752-753.
- PTAK, S.; ENARD, W.; WIEBE, V.; HELLMANN, I.; KRAUSE, J.; LACHMANN, M. y PÄÄBO, S. (2009): "Linkage disequilibrium extends across putative selected sites in *FOXP2*", *Molecular Biology and Evolution*, 26/10, pp. 2181-2184.
- ROEBROEKS, W. y VERPOORTE, A. (2009): "A 'language-free' explanation for differences between the European Middle and Upper Paleolithic record". En BOTHA, R. y KNIGHT, C. (eds.): *The cradle of language*. New York: Oxford University Press, pp. 150-166.
- ROSAS, A. (2010): *Los neandertales*. Madrid: CSIC/Catarata.
- RUSSELL, J. (1996): "Development and evolution of the symbolic function: The role of working memory". En MELLARS, P. y GIBSON, K. (eds.): *Modelling the early human mind*. Cambridge: McDonald Institute for Archaeological Research, pp. 159-170.
- SANCHIDRIÁN, J. L. (2001): *Manual de arte prehistórico*. Barcelona: Ariel edit.
- SAVAGE-RUMBAUGH, S. y LEWIN, R. (1994): *Kanzi: the ape at the brink of the human mind*. New York: John Wiley.
- SAVITCH, W.; BACH, E.; MARSH, W. y SAFRAN-NAVEH, G. (1987): "Introduction". En SAVITCH, W.; BACH, E.; MARSH, W. y SAFRAN-NAVEH, G. (eds.): *The formal complexity of natural language*. Dordrecht: Reidel, pp. VII-XV.
- SORESSI, M. y ERRICO, F. D' (2007): "Pigments, gravures, parures: les comportements symboliques controversés des Néandertaliens". En VANDERMEERSCH, B. y MAUREILLE, B. (eds.): *Les Néandertaliens. Biologie et cultures*. Paris: Éditions du CTHS, pp. 297-309.
- STUDDERT-KENNEDY, M. (1998): "The particulate origins of language generativity: from syllable to gesture". En HURFORD, J.; STUDDERT-KENNEDY, M. y KNIGHT, C. (eds.): *Approaches to the evolution of language. Social and cognitive bases*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 202-221.
- TEXIER, P.-J.; PORRAZ, G.; PARKINGTON, J.; RIGAUD, J.-P.; POGGENPOEL, C.; MILLER, C.; TRIBOLO, C.; CARTWRIGHT, C.; COUDENNAU, A.; KLEIN, R.; STEELE, T. y VERNA, C. (2010): "A Howiesons Poort tradition of engraving ostrich eggshell containers dated to 60,000 years ago at Diepkloof Rock Shelter, South Africa", *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 107, pp. 6180-6185.
- TRINKAUS, E. (2007): "Human evolution: Neandertal gene speaks out", *Current Biology*, 17, pp. R917-R918.
- VANHAEREN, M.; ERRICO, F. D'; STRINGER, C.; JAMES, S.; TODD, J. y MIENIS, H. (2006): "Middle Paleolithic shell beads in Israel and Algeria", *Science*, 312, pp. 1785-1788.
- WEST-EBERHARD, M. J. (2003): *Developmental plasticity and evolution*. Oxford: Oxford University Press.
- WHITE, R. (1998): "Comment on d'Errico *et al.* 1998, 'Neandertal acculturation in Western Europe?'" *Current Anthropology*, 39/2, pp. S30-S32.
- WYNN, T. (1991): "Tools, grammar, and the archaeology of cognition", *Cambridge Archaeological Journal*, 1/2, pp. 191-206.
- WYNN, T. y COOLIDGE, F. L. (2004): "The expert Neandertal mind", *Journal of Human Evolution*, 46, pp. 467-487.
- (2010): "How Levallois reduction is similar to, and not similar to, playing chess". En NOWELL, A. y DAVIDSON, I. (eds.): *Stone tools and the evolution of human cognition*. Boulder: University Press of Colorado, pp. 83-103.
- (eds.) (2010): "Working memory: Beyond language and symbolism", *Current Anthropology*, 51, Supplement 1.
- (2011): "The implications of the working memory model for the evolution of modern cognition", *International Journal of Evolutionary Biology*, vol. 2011, pp. 1-12, doi: 10.4061/2011/741357.
- (2012): *How to think like a Neandertal*. New York: Oxford University Press.
- ZILHÃO, J.; ANGELUCCI, D.; BADAL-GARCÍA, E.; ERRI-CO, F. D'; DANIEL, F.; DAYET, L.; DOUKA, K.; HIGHAM, T.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, M. J.; MONTES-BERNÁRDEZ, R.; MURCIA-MASCARÓS, S.; PÉREZ-SIRVENT, C.; ROLDÁN-GARCÍA, C.; VANHAEREN, M.; VILLAVARDE, V.; WOOD, R. y ZAPATA, J. (2009): "Symbolic use of marine shells and mineral pigments by Iberian Neanderthals", *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 107, pp. 1023-1028.