

Las herramientas nos hicieron humanos. El papel de la tecnología en la evolución biológica y social del género *Homo*

Tools made us human. The role of technology in the biological and social evolution of the *Homo* genus

CAMILO JOSÉ CELA-CONDE¹ Y FRANCISCO AYALA²

¹Dpto. de Filosofía y Trabajo Social
Laboratorio de Sistemática Humana
Universidad de las Islas Baleares

camilo.cela@uib.es

²Department of Ecology and Evolutionary Biology

University of California (Irvine, USA)

<https://orcid.org/0000-0003-1026-5398>

fjayala@uci.edu

DOI: <https://doi.org/10.24197/st.2.2018.1-25>

RECIBIDO: 11/04/2018

ACEPTADO: 20/04/2018

Resumen: Las tendencias disciplinares son, en el terreno de la ciencia, caminos difíciles de esquivar. Pocos lectores interesados en la sociología se detendrán a pensar que tiene sentido poner el énfasis en la condición del ser humano como usuario de herramientas o, en general, de la tecnología, por lo obvio que resulta esa relación entre las personas y las máquinas. Este artículo centra su interés en estas cuestiones.

Palabras clave: Evolución humana, cultura, herramientas, cerebro.

Abstract: Disciplinary tendencies are, in the field of science, difficult paths to avoid. Few readers interested in sociology will stop to think that it has the sense of being in the condition of being a human being as a user of tools or, in general, of technology, so it turns out that the relationship between people and machines. This article focuses its interest on these issues.

Keywords: Human evolution, culture, tools, brain.

1. Introducción

Para un paleontólogo, o para cualquier investigador afín a la evolución, el contenido de la expresión “ser humano” no se limita a los humanos modernos, a la especie *Homo sapiens*. Dentro del linaje humano, entendido como el conjunto de los homínidos (los miembros de nuestra especie y todos sus ancestros, directos o colaterales, que no lo sean también de los chimpancés), entran distintos taxa pertenecientes a los últimos siete millones de años (Ma, en adelante). Pues bien, la mayor parte de ellos se refiere a individuos que no contaban con un nivel tecnológico comparable no ya al de los humanos actuales sino ni siquiera al de los cromañones —que pertenecían a nuestra misma especie.

Sin embargo, determinados acontecimientos que tuvieron lugar hace alrededor de 2,5 Ma, quizá algo más, cambiaron por completo la historia evolutiva de la humanidad. Las herramientas jugaron un papel esencial en ese giro brusco de las capacidades adaptativas humanas.

Hace 2,5 Ma coincidieron varios fenómenos en África oriental: el enfriamiento del clima —a escala planetaria— que transformó los bosques del Valle del Rift en sabanas abiertas; la aparición de un nuevo género de homínido, *Homo*, adaptándose a esos espacios abiertos; el cambio de dieta en dichos homínidos, con la ingesta de carne como fuente esencial de alimentación; el comienzo de un proceso de incremento del volumen del cráneo extraalométrico (mayor que el correspondiente al incremento del tamaño del cuerpo) en las sucesivas especies de *Homo*; la aparición de tradiciones culturales de talla de piedra; el desarrollo, por fin, de herramientas de comunicación social que desembocarían en el simbolismo y el lenguaje. Todos esos fenómenos están relacionados entre sí, convirtiéndose en eslabones de un proceso en el que a las presiones selectivas se responde de forma compleja e interconectada.

La historia de los 2,5 Ma de evolución del género *Homo* se contaría de forma muy parecida si lo que tuviésemos enfocando fuese el crecimiento cerebral, los cambios de alimentación o la sucesión de tradiciones culturales. Vamos a centrarnos en las herramientas. Pero serán necesarias antes algunas advertencias previas.

Numerosos animales utilizan objetos como herramientas. Entre ellos, los chimpancés eligen palos y piedras, los adaptan a sus necesidades y los utilizan para cascar nueces o sacar termitas de los termiteros. Desde las primeras evidencias de tales conductas recopiladas por Jane Goodall y Jordi Sabater Pi (Goodall, 1964; Sabater Pi, 1984), se han documentado entre esos simios tradiciones muy diversas,

que incluyen hasta 39 patrones de comportamiento diferentes relacionados con el uso de herramientas (Boesch & Tomasello, 1998; G. Vogel, 1999; Whiten et al., 1999). Algunos de los patrones incluyen incluso el uso secuencial de diferentes herramientas, como en el caso de los chimpancés de Loango (Gabón) al obtener miel (Boesch, Head, & Robbins, 2009).

No obstante, con respecto al uso de piedras u otros materiales para hacerse con alimentos cabe distinguir entre dos operaciones diferentes. Una cosa es hacer uso de guijarros, palos, huesos o cualquier objeto disponible para, por ejemplo, romper cáscaras de nuez y acceder a la fruta; otra cuestión diferente es fabricar herramientas de manera deliberada con una forma específica para llevar a cabo una función precisa. Aunque estamos hablando en términos especulativos, es concebible que el uso espontáneo de objetos como herramientas precediera a las primeras tradiciones culturales de talla de piedra (Carbonell, Mosquera, & Rodríguez, 2007; Panger, Brooks, Richmond, & Wood, 2002).

2. Modos culturales y especies a las que se atribuyen

Las estrategias adaptativas de todas las especies pertenecientes al género *Homo* incluyeron el uso de herramientas de piedra pero las características de las tallas líticas cambiaron con el tiempo. Suele seguirse para determinar esos cambios la secuencia de modos propuesta por Grahame Clark (1969). Así, la cultura más antigua y primitiva, Olduvaiense o Modo 1, aparece en los sedimentos del este de África hace alrededor de 2,4 Ma, en el Paleolítico temprano. Alrededor de 1.6 Ma surge una tradición más avanzada, Achelense o Modo 2. La cultura Musteriense o Modo 3 es la tradición que evolucionó a partir de la cultura Achelense durante el Paleolítico medio. Finalmente, por dejar aquí la secuencia de tradiciones culturales, la cultura Auriñaciense, o Modo 4, apareció en el Paleolítico superior (Clark, 1969). Una segunda advertencia por hacer es que, ante el espacio reducido con que contamos, sólo nos referiremos aquí a los dos primeros modos culturales. Bastarán para ilustrar los problemas existentes a la hora de ligar progreso técnico y evolución humana.

La atribución de un tipo de cultura específico a un taxón de homínido en particular se basa en el hallazgo de ejemplares y de instrumentos líticos en el mismo nivel de un yacimiento. Sin embargo, debemos evitar caer en la circularidad. En particular, se deben tomar todas las precauciones cuando se atribuye la manipulación de herramientas antiguas a homínidos de diferentes especies simpátricas (contemporáneas y que ocupan un mismo territorio). Si encontramos

dos taxa, T1 y T2, presentes en el mismo yacimiento y horizonte estratigráfico, como sucede con *H. habilis* y *P. boisei* en Olduvai, y si afirmamos que los autores de las tallas pertenecen a uno de ellos, digamos a T1 porque suponemos que tienen la capacidad de hacer herramientas, caeremos en un argumento circular. Al encontrar las herramientas, suponemos que aquellos que las tallaron son precisamente aquellos individuos a las que anteriormente les habíamos atribuido la posesión de un nivel cognitivo y la capacidad manual para fabricarlas.

La circularidad puede romperse si los supuestos autores de las tallas, como T1, se encuentran asociados a herramientas de una manera bastante extendida en diversos yacimientos, mientras que ese no es el caso para T2 o cualquier otro taxón que se encuentra asociado sólo de forma esporádica con herramientas. En ese caso, es razonable aceptar a T1 como el fabricante de los útiles.

La garganta de Olduvai no fue el primer lugar en el que se encontraron las primeras herramientas de piedra, pero dio nombre a la industria lítica más antigua conocida: Modo 1, también conocida como cultura Olduvaiense. Las excelentes condiciones de los yacimientos de Olduvai han permitido a los paleontólogos y los arqueólogos llevar a cabo interpretaciones tafonómicas para la reconstrucción de los hábitats de los homínidos. Cualquier cultura lítica puede describirse como un conjunto de piedras diversas manipuladas por homínidos para obtener herramientas capaces de cortar, raspar o golpear. Se trata de herramientas diversas obtenidas al golpear guijarros de diferentes materiales duros. Sílex, cuarzo, granito y basalto son algunos de los materiales utilizados para la fabricación de útiles líticos al golpear un núcleo con un percusor obteniendo lascas con un filo agudo. En la cultura Olduvaiense, el tamaño de los núcleos es variable, pero generalmente se ajustan cómodamente a la mano; se trata de piedras del tamaño de una pelota de tenis.

Muchas herramientas que pertenecen a diferentes tradiciones se ajustan a estas características genéricas. Pero lo que identifica de manera específica a la cultura Olduvaiense es que sus herramientas se obtienen con muy pocos golpes, a veces solo uno. Las herramientas resultantes son engañosamente burdas. No es fácil golpear las piedras con suficiente precisión para obtener bordes cortantes y lascas eficientes.

Resulta complicado llegar a conclusiones definitivas con respecto al uso de herramientas olduvaienses. La idea que tenemos de su función depende de la forma en que interpretamos la adaptación de los homínidos que los usaron. Los fabricantes de herramientas se pueden ver como una última etapa del carroñeo, cuando solo se encuentran disponibles huesos grandes (Binford, 1981). Si este fuera el caso, las herramientas más importantes serían las hachas de piedra que permiten golpear lo

bastante fuerte como para romperlos un cráneo o un fémur de una presa abandonada por los carnívoros. Pero si, por el contrario, entendemos que los primeros homínidos realizaban tareas de carnicería en animales casi enteros, entonces las lascas serían las herramientas esenciales.

Se puede distinguir, desde el punto de vista funcional, entre el uso de las hachas de piedra, por medio de un agarre de fuerza, y las lascas, que requieren ser manipuladas con las yemas de los dedos mediante un agarre de precisión. No es fácil ir más allá pero algunos autores, como Nicholas Toth, han llevado a cabo estudios funcionales mucho más precisos. Toth argumentó que las lascas serían de una enorme importancia para las tareas de carnicería, incluso cuando no estaban modificadas, mientras que dudaba del valor funcional de algunos poliedros y esferoides (Toth, 1985a, 1985b).

El examen de las marcas que las herramientas dejan en los huesos fósiles proporciona evidencias directas de su función. Las interpretaciones tafonómicas de las marcas de corte sugieren que los homínidos descarnaron los restos y quebraron sus huesos para obtener alimento. Esta función de la carnicería relacionada con la ingesta de carne presenta a los primeros homínidos como carroñeros capaces de aprovechar las carcasas de las presas de los depredadores de la sabana (Blumenschine, 1987). Pero en algunos casos la evidencia sugiere otras hipótesis. Travis Pickering y colaboradores (2000) analizaron las marcas de corte infligidas por una herramienta de piedra en un maxilar derecho de la localidad Stw 53 en el yacimiento de Sterkfontein (Sudáfrica), Miembro 5. La especie a la que pertenece el espécimen no está clara, pero sin duda es un homínido. Los autores señalaron que "la ubicación de las marcas en el borde lateral del cigomático del maxilar es consistente con la esperada al cortar el músculo masetero, presumiblemente para extraer la mandíbula del cráneo" (Pickering, White, & Toth, 2000). En otras palabras, un humano de Sterkfontein, Miembro 5 desmembró los restos de otro homínido.

La cultura Olduvaiense no se encuentra restringida a Olduvai. También se han encontrado herramientas de piedra en yacimientos más antiguos de Kenia y Etiopía, aunque en ocasiones los estilos sean algo diferentes. Como señaló Glynn Isaac, no es raro que las diferencias entre las técnicas olduvaienses encontradas en diferentes lugares de la misma edad sean tan grandes como las utilizadas para diferenciar estadios olduvaienses sucesivos, o incluso mayores (G.L. Isaac, 1969). Este problema ilustra que la complejidad de un instrumento lítico es una función de su antigüedad, pero también de las necesidades del fabricante de cada herramienta.

Los hallazgos de Kenia y Etiopía han ampliado el tiempo estimado para la aparición de industrias líticas (Tabla 1).

Tabla 1: Culturas más antiguas¹.

Nombre	Localidad	Edad (Ma)
Lokalalei	West Turkana	2,34
Shungura	Omo	2,2-2,0
Hadar	Hadar	2,33
Gona	Middle Awash	2,5-2,6

Fuente: Elaboración propia.

¹ Para una lista más completa del Modo 1, vid Plummer, 2004.

Los instrumentos líticos más antiguos conocidos son del yacimiento de Gona (Etiopía), en el área de Middle Awash, procedentes de sedimentos fechados en 2,6-2,5 Ma por correlación de las localizaciones arqueológicas con estratos fechados por el método Ar40 / Ar39 y paleomagnetismo (S. Semaw et al., 1997).

Gona ha proporcionado numerosas herramientas, hasta 2970, incluyendo núcleos, lascas y residuos de la talla. Muchas de las herramientas fueron construidas *in situ*. No se han encontrado lascas modificadas, pero la industria parece muy similar a las primeras muestras de Olduvai. Como no se han encontrado homínidos en el yacimiento, es difícil atribuir las herramientas a ningún taxón en particular, aunque de Heinzelin y colegas atribuyeron los utensilios de Gona a la especie *Australopithecus garhi*, cuyos ejemplares se encontraron en Bouri, 96 km. al sur de donde provienen las herramientas (de Heinzelin et al., 1999). En cualquier caso, Semaw et al. (1997) creyeron que era innecesario sugerir una industria "pre-Olduvaiense". Por el contrario, la industria Olduvaiense habría permanecido en estasis (una presencia continua, sin cambios notables) durante al menos un millón de años. Y la precisión de los instrumentos de Gona llevó al equipo de Sileshi Semaw a suponer que sus autores no eran noveles, por lo que era posible que pudiesen descubrirse en un futuro industrias líticas aún más antiguas.

Ese futuro puede haber llegado ya. La revista *Nature* (Callaway, 2015) informó sobre el hallazgo de núcleos de piedra y lascas, probablemente elaborados

de forma intencional, en el yacimiento de Lomekwi, al oeste del lago Turkana de Kenia. Los sedimentos datan de hace 3,3 millones de años, es decir, mucho más antiguos que el *Homo habilis*. Sonia Harmand, de la Universidad Stony Brook en Nueva York, informó acerca de los hallazgos de Lomekwi en una reunión de la Sociedad de Paleoantropología en San Francisco el 14 de abril de 2015. El equipo de Harmand concluyó que las herramientas representan una cultura distinta, a la que denominaron cultura Lomekwianense. Harmand señaló en la reunión de la Sociedad de Paleoantropología que los núcleos son enormes; algunos pesan hasta 15 kilogramos, lo que es sorprendente considerando el pequeño tamaño de los australopitecos e incluso de *Homo habilis*. ¿Cómo podrían manejar piedras tan grandes? ¿Y para qué serían utilizadas? En ausencia de más datos, resulta imposible contestar esas preguntas.

3. La transición Modo 1 (Olduvaiense)-Modo 2 (Achelense)

El Modo 2, o cultura Achelense, corresponde a una nueva técnica de talla cuyo resultado más característico es el bifaz, "en forma de lágrima, biconvexo en sección transversal, y comúnmente fabricado a partir de unifacial o escamas bifaciales, lascas y núcleos unificiales o bifaciales de tamaño grande (más de 10 cm)" (Noll & Petraglia, 2003). Estas herramientas, hechas con gran cuidado, fueron identificadas por primera vez en el yacimiento de St. Acheul (Francia), y se conocen como "Complejo industrial achelense" o "Cultura Achelense" (Modo 2). La cultura Achelense apareció en el Este de África hace unos 1,7 Ma, y se extendió al resto del Viejo Mundo llegando a Europa, donde las herramientas achelenses más antiguas recibieron el nombre local de "industria Abbevillense". La vida del achelense continuó estando presente en Europa hasta hace unos 50.000 años, aunque desde 0,3 Ma se pueden encontrar utensilios más avanzados de otra tradición cultural (el Musteriense o Modo 3, del que hablaremos más adelante).

Mary Leake describió un paso en Olduvai desde las herramientas olduvaienses perfeccionadas a una industria distinta y más avanzada, la cultura Achelense (M. D. Leakey, 1975). La secuencia observada indicó una transición gradual de la cultura Olduvaiense a la cultura Achelense (tabla 2).

Tabla 2: Secuencia cultural de Olduvai

Lechos	Edad en Ma	Número de piezas	Industrias
Masek	0,2	187	Achelense
IV	0,7-0,2	686	Achelense
		979	Olduvaiense C desarrollada
Parte media del III	1,5-0,7	99	Achelense
		–	Olduvaiense C desarrollada
Parte media del II	1,7-1,5	683	Olduvaiense A desarrollada
I y parte inferior del II	1,9-1,7	537	Olduvaiense

Fuente: Leakey, M. (1975) modificado.

Sin embargo, otros estudios posteriores pintaron un escenario distinto. Glynn Isaac (1969) argumentó que la mejora de las técnicas necesarias para pasar de las tradiciones cultura Olduvaiense a achelense no podría haber tenido lugar gradualmente. Un nuevo tipo de manipulación habría aparecido con la cultura achelense, un verdadero cambio en la forma de llevar a cabo las operaciones involucradas en la fabricación de herramientas. Un argumento similar ha sido hecho por Sileshi Semaw, Michael Rogers y Dietrich Stout (2009) al interpretar la secuencia del cambio cultural. Dependiendo del registro arqueológico de Gona (Etiopía) y otros lugares africanos, Semaw, Rogers y Stout concluyeron que el Modo II habría surgido de forma abrupta por una transición rápida de la técnica cultura Olduvaiense (Sileshi Semaw, Rogers, & Stout, 2009).

De ser así, sería importante determinar exactamente cuándo se produjo ese salto adelante y establecer la distribución temporal de las diferentes tradiciones culturales. Tal conocimiento detallado no es fácil de lograr. El yacimiento de Olduvai no revela precisamente el momento de la transición cultural. Como hemos dicho, los primeros instrumentos, del lecho I, se encuentran en un nivel que data de 1.7-1.76 Ma, fecha obtenida mediante radiometría de tobas volcánicas cercanas (método K40/Ar40, potasio/argón) (Evernden & Curtiss, 1965). Utensilios achelenses posteriores aparecieron en la localidad de Kalambo Falls de Olduvai, en asociación con materiales de madera y carbón. La edad de estos materiales se estimó mediante el método 14C en unos 60.000 años (Vogel & Waterbolk, 1967). Hay otras tobas volcánicas entre ambos puntos, pero el intervalo de 1,6 Ma que los separa limita la precisión de la cronometría. Y este período corresponde

precisamente al momento de la transición entre ambas culturas (Isaac, 1969). Si tomamos en cuenta la evolución dentro del Modo 1, con herramientas desarrolladas olduvaienses que se superponen en el tiempo con las achelenses, las dificultades involucradas en la descripción del cambio cultural aumentan.

La evolución técnica del Modo 1 al Modo 2 se puede estudiar también en otros lugares, como la Formación Humbu del yacimiento Peninj, al oeste del Lago Natron (Tanzania). Varios yacimientos de Natron muestran una transición de la cultura Olduvaiense a la Achelense hace cerca de un millón y medio de años (Schick & Toth, 1993). La correlación de los sedimentos Peninj y Olduvai permite referir la transición Olduvaiense/Achelense a los estratos superiores del Lecho II de Olduvai. Pero ni Olduvai ni el área occidental del lago Natron permiten una estimación más precisa del momento del cambio.

Con la información arqueológica disponible no se puede especificar, pues, el momento preciso de la sustitución de la cultura Olduvaiense por la Achelense. Pero hay más: cualquier grupo de homínidos capaz de utilizar técnicas achelenses podría haber empleado muy bien, en ocasiones, herramientas simples para llevar a cabo tareas que no requieren instrumentos complejos. Un ejemplo ilustrativo es la gran cantidad de artefactos achelenses encontrados en la Localidad 8 del yacimiento Gadeb (Etiopía) durante las campañas de 1975 y 1977. Hasta 1.849 elementos, incluyendo 251 hachas y cuchillos, se encontraron en el área 8A, una excavación muy pequeña, y 20.267 artefactos más aparecieron en el área 8E (J. D. Clark & Kurashina, 1979). Las estimaciones de edad para las diferentes localidades de Gadeb con restos líticos son imprecisas: oscilan entre 0,7 y 1,5 Ma

Estas localidades de Gadeb contienen, además de herramientas achelenses, utensilios desarrollados de cultura Olduvaiense que llevaron a J. Desmond Clark y Hiro Kurashina (1979) a concluir que dos grupos de homínidos se habrían alternado en la zona, cada uno con su propia tradición cultural. Pero es curioso que el examen de los huesos de Gadeb mostró que las actividades de carnicería se habían llevado a cabo principalmente con los útiles más primitivos, los pertenecientes a la cultura Olduvaiense desarrollado. Este hecho plantea una interpretación alternativa, a saber, que las herramientas obtenidas mediante técnicas avanzadas no son necesarias para las tareas de descarnamiento.

Konso-Gardula (Etiopía), al sur del río Awash y al este del río Omo, ha permitido una datación más precisa del comienzo de la cultura Achelense. Además, ha proporcionado las herramientas conocidas más antiguas que pertenecen al Modo 2. Desde su descubrimiento en 1991, Konso-Gardula ha proporcionado una gran cantidad de herramientas, que incluyen bifaces rudimentarios, piedras en forma de triedro, núcleos y escamas, junto con dos especímenes de homínidos, un molar y una mandíbula izquierda casi completa (Asfaw et al., 1992). Los sedimentos fueron fechados por el método Ar40/Ar39 (argón/argón) en 1,34-1,38 Ma (Asfaw et al., 1992). Berhane Asfaw y sus colegas (1992) asocian las muestras de homínidos de Konso-Gardula con las muestras de *H. ergaster* de Koobi Fora (Kenia).

4. La técnica achelense

¿En qué medida puede la tradición achelense considerarse una continuación o una ruptura con respecto a la cultura Olduvaiense? Mary Leakey creía que el desarrollo de cultura Olduvaiense estaba asociado a la presencia de hachas primarias primitivas, protobifaces que anticipaban los bifaces achelenses (M. Leakey, 1966). Sin embargo, los protobifaces no pueden considerarse estrictamente como una forma de transición entre las técnicas olduvaiense y achelense. Marcel Otte, por ejemplo, argumentó que las restricciones naturales (por ejemplo, las leyes mecánicas de las materias primas) fuerzan a menudo la fabricación de formas similares, que pueden tenerse por etapas sucesivas de una secuencia de elaboración única o muy cercana (M. Otte, 2003). Pero para saber si es así hay que estudiar la manera como se lleva a cabo el proceso de talla.

La manipulación sucesiva de un núcleo, que pasa por varios pasos hasta que se obtiene la herramienta deseada, es una tarea que Leroi-Gourhan denominó *chaine opératoire* ("secuencia de trabajo") (Leroi-Gourhan, 1964). Pues bien, mientras que todos los útiles olduvaienses responden a la misma *chaine opératoire*, la fabricación de bifaces achelenses es el resultado de una forma completamente diferente de diseñar y producir herramientas de piedra. El objetivo principal de la técnica cultura Olduvaiense era producir un borde, con pocas preocupaciones por su forma. Sin embargo, los bifaces achelenses tienen un contorno muy preciso, lo que pone de manifiesto la presencia de un diseño desde el principio de la talla. Y la existencia de dicho diseño ha favorecido la especulación sobre las intenciones de los fabricantes de herramientas. En la tradición de Leroi-Gourhan, Nathan Schlanger sugirió que la secuencia de operaciones en la fabricación de herramientas refleja una intención y un nivel mental de cierta complejidad (Schlanger, 1994). La obtención de bifaces achelense sería el resultado de un enfoque completamente diferente al diseñar y producir una herramienta de piedra, idea que se ha generalizado.

La diferencia más notoria asociada con la cultura achelense es la herramienta que hemos indicado: el bifaz. Pero una novedad destacada es la diversidad de los instrumentos achelenses. A veces es difícil asignar una función a una herramienta de piedra. Sin embargo, las herramientas achelenses incluyen cuchillos, martillos, hachas y raspadores cuya función parece clara. Los materiales utilizados para fabricar instrumentos líticos también son más variados dentro de la nueva tradición. Aun así, el trabajo de Glynn Isaac en Olorgesailie y Peninj (Tanzania) mostró el papel principal de las hachas en forma de lascas grandes (Large Flake Acheulean, LFA) de más de 10 cm, en Paleolítico Inferior africano (G.L. Isaac, 1969, 1975, 1978; G. L. Isaac, 1984). El estudio de Ignacio de la Torre y colaboradores sobre la cantidad de materia prima utilizada para fabricar varias herramientas dentro de dos

conjuntos líticos hallados en Peninj, RHS-Mugulud y MHS-Bayasi, demostró de forma convincente que el objetivo esencial de los homínidos era obtener herramientas de corte grandes, entre las cuales se encuentran las cuchillas (sin bordes retocados), las hachas y las lascas para usar como cuchillos (de la Torre, Mora, & Martínez-Moreno, 2008).

La presencia achelense más antigua corresponde al yacimiento Kokiselei 4 de la formación Nachukui, West Turkana (Kenia). Mediante radiometría (Ar40/Ar39), equivalencia estratigráfica con Koobi Fora y paleomagnetismo, Christopher Lepre y colaboradores asignaron al terreno de Kokiselei 4 una edad de 1,76 Ma (Lepre et al., 2011). El yacimiento tiene la ventaja adicional de que también contiene utensilios olduvaienses, lo que respalda la idea de que las tecnologías Modo 1 y Modo 2 no se excluían mutuamente. Lepre et al. (2011) argumentaron como hipótesis alternativas para la presencia de herramientas achelenses en Kokiselei 4, que fueran traídas allí desde otro lugar no identificado, o talladas en el propio yacimiento por los mismos autores de las tallas olduvaienses.

Los últimos utensilios achelenses de África Oriental, es decir, los más recientes, son de la ubicación de Kalambo Falls (Tanzania), asociados con el carbón y los materiales de madera. La edad de estos materiales se fijó mediante el método Carbono 14 en 60.000 años (J. C. Vogel & Waterbolk, 1967). Con respecto a Sudáfrica, las herramientas atribuidas al Achelense tardío aparecen en varios yacimientos —Cape Hangklip, Canteen Kopje (estrato 2A), Cueva Montagu, Cueva Wonderwerk, Rooidam, Duinefontain 2 por ejemplo— con una edad de $\approx 0,2$ Ma (Kuman, 2007).

5. Cultura y dispersión.

Como hemos visto, la cultura Olduvaiense se atribuye al *Homo habilis*. La identificación de la cultura achelense con el *Homo erectus* africano también es muy común. Fue la fuerza del vínculo achelense/erectus la que llevó a Louis Leakey a considerar la aparición de las herramientas achelenses en Olduvai como resultado de una invasión de *Homo erectus* desde otras localidades (Isaac, 1969).

Los fósiles del taxón *Homo habilis* son africanos, pero fuera de África han aparecido numerosos ejemplares que se pueden atribuir a *Homo erectus*. De hecho, el taxón fue nombrado por Eugène Dubois (1894) a partir de los fósiles encontrados en Trinil (isla de Java). Los asiáticos y los especímenes africanos muestran similitudes notables, pero también algunas diferencias, un hecho que ha llevado a la propuesta de la especie *Homo ergaster* para los erectus africanos (Groves & Mazák, 1975). No existe un consenso general sobre la necesidad de ese taxón; aquellos que niegan la validez de *H. ergaster* comúnmente se refieren al erectus asiático como *H. erectus sensu stricto*, y al africano como *H. erectus sensu lato*.

¿Por qué es necesario proponer dos especies diferentes, o dos grados de la misma especie, cuando se hace referencia al *Homo erectus*? Una de las principales

razones para la necesidad de distinguir entre dos grupos de poblaciones tiene que ver con la cultura. El *H. erectus* más antiguo de Java y China, a diferencia de sus coetáneos en África, no disponía de herramientas del Modo 2.

Con una compilación detallada de toda la evidencia disponible en su momento, Hallam Movius estableció dos áreas separadas: la primera comprende África, Asia Occidental y Europa Occidental; la segunda abarca desde el Lejano Oriente hasta el sudeste asiático (Movius, 1948). Durante el Pleistoceno medio, ambos tenían industrias líticas, pero correspondientes a diferentes niveles técnicos: Modo 1 en el este y bifaces del Modo 2 en el oeste. Se conoce como la "línea de Movius" el límite virtual que separa estas dos vastas áreas.

Como ha sostenido Marcel Otte, la línea Movius, más que una frontera, es un velo que se mueve a medida que el tiempo pasa (Marcel Otte, 2010). Pero Otte precisó que los bifaces presentes en el Paleolítico Medio de China no se pueden considerar Modo 2 en absoluto. Serían el resultado del descubrimiento de que, a partir de núcleos de origen adecuado, se pueden obtener bifaces sin mucha manipulación. Ese proceso está muy alejado de la técnica de Olorgesailie o Peninj, en la que se parte de un gran bloque para obtener un hacha LFA. En una afortunada expresión, Marcel Otte (2010) calificó el "achelense chino" como un "artefacto de investigación". En el mejor de los casos, podría considerarse como paralelismo cultural

6. La expansión cerebral

Como hemos dicho, un enfoque muy común atribuye cada etapa cultural a un taxón humano en particular. Así, el comienzo de la fabricación de herramientas, es decir, el Modo 1, está relacionado con el *Homo habilis* y el Modo 4 con nuestra especie, *Homo sapiens*. Ni que decir tiene que la tecnología necesaria para la fabricación de herramientas es muy distinta a través de los sucesivos modos. Se suele entender también que la capacidad tecnológica está asociada a un determinado nivel mental. Esta consideración se caracteriza muy bien por medio del episodio de descubrimiento y la propuesta de la especie *Homo habilis*. Louis Leakey, Phillip Tobias y John Napier sostuvieron que "Cuando se encontró el cráneo de *Australopithecus (Zinjanthropus) boisei*, no se conocían restos de ningún otro tipo de homínido en el lecho I de Olduvai. Parecía razonable, por lo tanto, suponer que este cráneo representaba a los creadores de la cultura Olduvaiense. El posterior descubrimiento de *Homo habilis* en asociación con la cultura Olduvaiense en otros tres yacimientos ha alterado considerablemente la posición. Si bien es posible que *Zinjanthropus* y *Homo habilis* hayan hecho herramientas de piedra, es probable que este último sea el fabricante de herramientas más avanzado y que el cráneo de *Zinjanthropus* represente a un intruso (o una víctima) en un yacimiento ocupado por *Homo habilis*" (L. S. B. Leakey, Tobias, & Napier, 1964).

Aquí tenemos un claro ejemplo de la secuencia argumentativa: primero, se descubrió un cráneo de *A. boisei* e instrumentos líticos asociados en el yacimiento F.L.K. I de Olduvai. Más tarde, otros fósiles con una capacidad craneal notablemente mayor, incluidos en la nueva especie *H. habilis*, fueron descubiertos en el mismo lugar. A partir de ahí, las herramientas de piedra se atribuyeron a *H. habilis*, un homínido más avanzado en sus capacidades de planificación.

En realidad, la cuestión de cuál es la especie a la que corresponde una determinada tradición cultural es irrelevante porque todos y cada uno de los modos tecnológicos fueron compartidos por al menos dos especies. Lo que cuenta no es tanto la correlación entre cultura y especie como la que se da entre complejidad tecnológica y condiciones necesarias para que una determinada técnica cultural pueda ser compartida por un grupo a lo largo de un plazo de tiempo que puede llegar a ser muy extenso.

Como es obvio, a medida que los procedimientos para tallar piedra se vuelven más complejos aumentan las necesidades de enseñanza de la técnica para que se mantenga viva la tradición cultural transmitiéndose entre las sucesivas generaciones. Si los chimpancés aprenden a acondicionar los tallos y a utilizar los martillos de piedra por imitación, es precisa una enseñanza activa para elegir, preparar y golpear los núcleos que permiten obtener un bifaz achelense. Eso significa que la tecnología lítica supone una presión selectiva hacia la socialización creciente. Sólo un grupo capaz de enseñar las técnicas de talla puede conservar la tradición cultural y servirse de ella para la propia supervivencia del grupo.

Hemos encontrado, pues, una justificación directa del interés que puede tener para los sociólogos la evolución de los modos culturales. Pero hay una segunda interrelación entre tecnología y sociedad más sutil y aún más importante desde el punto de vista antropológico. Es la que aparece por medio del lazo entre progreso cultural y expansión del cerebro (Ambrose, 2001; Panger et al., 2002).

La sucesión de especies, de tradiciones culturales y de volúmenes cerebrales supone un camino entrelazado de cambios que, por lo que hace al cerebro, cuenta con una clara tendencia hacia el incremento extraalométrico.

Hay varias maneras de medir la relación existente entre tamaño del cerebro y tamaño del cuerpo. Una de las más extendidas es la del coeficiente de encefalización” (EQ, *encephalization quotient*) que, en su formulación más común, se expresa como una relación entre el volumen de hecho de un cerebro frente al volumen teórico que debería tener de acuerdo con el tamaño de su cuerpo. El punto de partida es, pues, la constatación de que existe una relación parecida en muy diferentes especies entre el tamaño del cerebro y el tamaño del cuerpo, una “relación alométrica”.

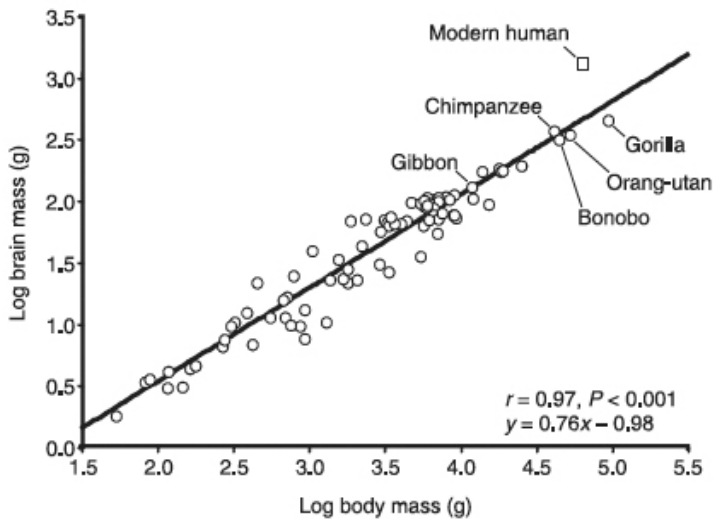


Figura 1. Relación logarítmica existente entre cerebro y cuerpo en diferentes primates. Los cálculos están hechos a partir de peso y no de volumen. La relación es alométrica en todos los casos excepto en el humano (cuadrado blanco de la parte superior). Ilustración de Sherwood, Subiaul, & Zawidzki (2008).

La mayoría de los gráficos comparativos se establecen a partir de los datos logarítmicos ya que permiten comprobar cómo la mayor parte de las especies, si estamos hablando de primates, se ajustan a una relación lineal. Pero el caso humano es distinto; el volumen de hecho del cerebro (su logaritmo) queda por encima de lo esperado (ver figura 1). Los humanos tenemos un tamaño extraalométrico del volumen cerebral al ser comparado con el del cuerpo siguiendo la línea de relación propia de los primates. Y con el fin de apreciar el alcance de esa relación extraalométrica suele usarse el coeficiente de encefalización, entendido como la relación que existe entre el volumen de hecho del cerebro en un determinado taxón —el humano, en el caso que nos ocupa—, y el volumen de su cuerpo.

La evolución del cerebro en los homínidos pone de manifiesto la existencia de distintas etapas de encefalización creciente:

- I. Primeros homínidos aparecidos tras la separación en el Mioceno superior del linaje común de humanos y simios africanos

- (*Ardipithecus*, *Australopithecus* y *Paranthropus*), con una encefalización comparable a la de los actuales simios africanos
- II. Primeras especies del género *Homo* (*Homo habilis/rudolfensis*) con un aumento extraalométrico en el coeficiente de encefalización
 - III. Especies del Pleistoceno medio (*Homo erectus/ergaster*) con nuevo aumento extraalométrico
 - IV. Últimas especies de la evolución humana, propias del Pleistoceno superior (*Homo neanderthalensis/sapiens*), que alcanzan la encefalización más alta.

La figura 2 expresa de forma gráfica dichos cambios.

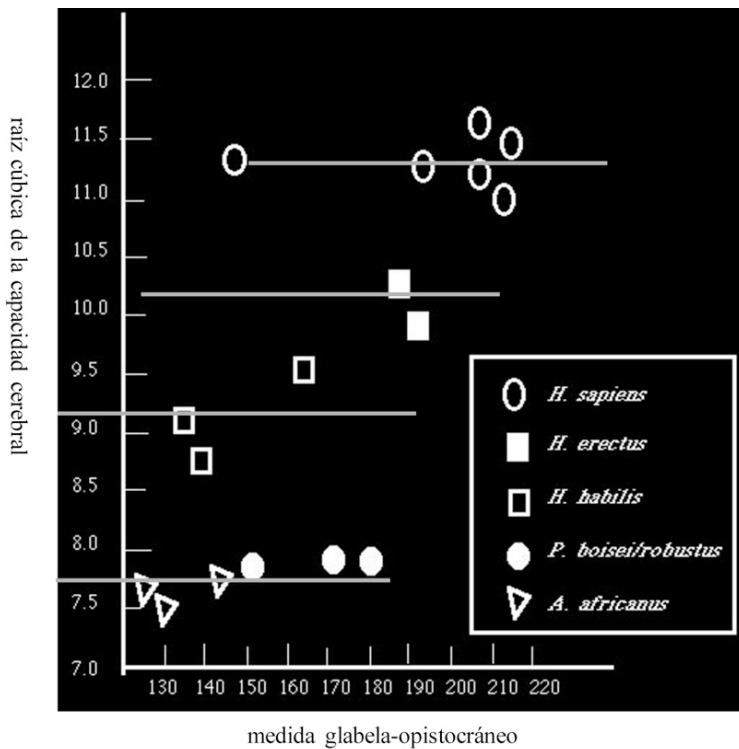


Figura 2. Gráfico de encefalización en los homínidos. Ilustración de Groves (1989).

Como se puede ver en la figura 2, el coeficiente de encefalización sufre a lo largo de la evolución humana un incremento por medio de tres etapas a partir de la

basal (propia de los australopitecos y patrántropos), etapas que están asociadas a las especies *Homo habilis*, *H. erectus* y del conjunto *H. neanderthalensis*/*H. sapiens*. Si bien el tamaño del cuerpo se va incrementado también a lo largo de la evolución de dichas especies, el EQ indica los cambios extraalométricos. Y una cuestión interesante es la de poder justificar cómo se producen.

7. La hipótesis del tejido costoso

Cualquier hipótesis acerca de la encefalización creciente debe tomar en cuenta las necesidades metabólicas. El tejido cerebral consume una cantidad muy grande de oxígeno y glucosa, y lo hace de manera continua al margen de los estados físicos o mentales del individuo. Eso sucede en todos los mamíferos pero, en el ser humano, las necesidades metabólicas del cerebro se disparan. Si la proporción entre el oxígeno consumido por el cerebro respecto del total del cuerpo es del 10% en el macaco (*Macaca mulata*), en los humanos esa cifra se dobla (Hofman, 1983). A su vez, el córtex humano muestra hasta un 43% más de índice metabólico que el resto del cerebro, es decir, necesita un 43% más de energía en un mismo lapso de tiempo.

La existencia de unas altas exigencias metabólicas debe ser tenida en cuenta, pues, cuando la selección natural impone un córtex en expansión. ¿Cómo se consigue resolver ese problema adaptativo? La antropóloga de la Universidad de California (Berkeley) Katherine Milton apuntó como única salida para la demanda metabólica del cerebro en el género *Homo* la de un cambio de dieta hacia nutrientes de mayor rendimiento —carne, en esencia— (Milton, 1988). A su vez, el intestino de los humanos modernos es de menor tamaño cuando se compara con los demás primates. Que un órgano —el cerebro— exija mayor cantidad de nutrientes y otro —el intestino— responda en la filogénesis disminuyendo de tamaño podría parecer extraño. Para Milton (1988), eso se explica porque el aparato digestivo humano está especializado en la ingesta carnívora, con un intestino delgado de tamaño relativo mayor frente al largo colon de los simios. El intestino, junto con la dentición, indican para Milton (1988) la dieta de alta calidad de los humanos.

El estudio de Leslie Aiello y Peter Wheeler (1995) acerca de la relación que existe entre tamaño cerebral y longitud del intestino apuntó algo similar. Los primates folívoros, que se alimentan en esencia de hojas, tienen intestinos más grandes y cerebros relativamente más pequeños que los primates frugívoros, en cuya dieta abundan las frutas. Para explicarlo, Aiello y Wheeler enunciaron la “hipótesis del tejido costoso” (Aiello & Wheeler, 1995). Dos especies diferentes de animales con una tasa metabólica similar deberían “elegir” entre tejidos intestinales y tejidos cerebrales, ya que ambos requieren un aporte energético muy alto y no es posible satisfacer ambas necesidades. Como la dieta folívora exige intestinos muy grandes para la digestión, ese sistema digestivo costoso sería una barrera para la alta encefalización. Por lo que hace a nuestra especie, el cerebro, con el 2% de la masa corporal, consume el 16% de los recursos metabólicos (vid. tabla 3).

Tabla 3. Masa orgánica y consumo metabólico en humanos (corresponde a un varón de 65 kgs y una tasa metabólica total de 90,6).

Órgano	Masa en kgs del órgano	% de la masa corporal	Tasa metabólica de la masa específica del órgano (W.Kg ⁻¹)	Total de la tasa metabólica del órgano (W)	% tasa de la masa metabólica total del cuerpo
Cerebro	1,3	2,0	11,2	14,6	16,1
Corazón	0,3	0,5	32,3	9,7	10,7
Riñón	0,3	0,5	23,3	7,0	7,7
Hígado	1,4	2,2		17,1	18,9
Tracto gastro-intestinal	1,1	1,7	12,2	13,4	14,8
Subtotal	4,4	6,8		61,7	68,1
Músculos esqueléticos	27,0	41,5	0,5	13,5	14,9
Pulmones	0,6	0,9	6,7	4,0	4,4
Piel	5,0	7,7	0,3	1,5	1,7
Total	37,0	56,9		80,8	89,1

Fuente: Tomado de Aiello y Wheeler (1995).

En realidad la solución evolutiva para poder resolver el problema que plantea un cerebro en crecimiento parece ser doble, de acuerdo con las dos explicaciones ya aludidas. Por una parte, la reducción de uno o más de los órganos que consumen también muchos recursos metabólicos que apuntan Aiello y Wheeler (1995). Por otra, el cambio de alimentación indicado por Milton (1988) hacia una ingesta más rica en nutrientes. De hecho, Aiello y Wheeler (1995) apuntaron que esas dos vías no son alternativas sino coincidentes en el caso humano. Aunque dan por hecho que la explicación es obvia, no está de más recordar que la dieta carnívora permite la reducción del tracto intestinal.

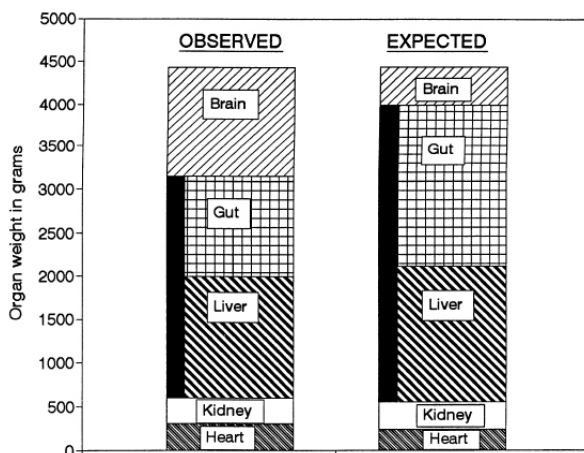


Figura 3. Peso real de los órganos de un ser humano de 65 kg (izquierda) frente al peso teórico que deberían tener dichos órgano en un primate del tamaño de nuestra especie (derecha) (Aiello y Wheeler, 1995).

Así parece haber sucedido de hecho en la evolución humana. La figura 3 muestra la diferencia existente entre el peso de los órganos humanos que correspondería a un primate de nuestro tamaño en términos alométricos y el que existe en realidad. Nuestro cerebro es mucho más pesado, mientras que el aparato digestivo tiene una masa menor. Y el cambio hacia la dieta carnívora asociado al carroñeo proporciona una hipótesis acerca de cómo pudieron producirse las transformaciones hacia mayores cerebros y menores aparatos digestivos.

8. El modelo del “hombre cazador”

El que la construcción de herramientas está relacionada con cambios en la complejidad cerebral es algo de sentido común que figura en la práctica totalidad de los estudios que se han dedicado a la adaptación de los homínidos, desde las propuestas originales de Darwin a los trabajos de la etología. Todos ellos siguen esquemas muy semejantes que relacionan la postura erecta, la adaptación a una alimentación carnívora abierta, la construcción de herramientas y las modificaciones craneales y cerebrales. Se trataría de fenómenos no sólo relacionados entre sí, sino que apuntan todos ellos en la misma dirección reforzándose unos a otros y dando lugar, pues, a una intensa presión selectiva en favor de seres cada vez más bípedos, hábiles y carnívoros; cazadores, en suma. Una de las hipótesis de mayor éxito acerca de la conducta de los primeros talladores de piedra, la del “hombre cazador” de Washburn y Lancaster propone un esquema de

retroalimentación entre caza, dieta y tamaño cerebral (Washburn & Lancaster, 1968) (figura 4). Así, la caza, es decir, la obtención de proteínas animales gracias al uso de útiles de piedra, sería la responsable de que aparezca el grupo social tal como lo entendemos hoy entre los seres humanos. Pero no lo hace sin provocar transformaciones también individuales y, dentro de ellas, destacan las de orden psicológico.

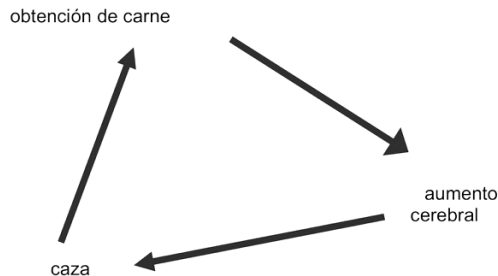


Figura 4. Modelo del “hombre cazador” (basado en Washburn y Lancaster, 1968)

Construir herramientas para cazar es, desde luego, una tarea compleja: se deben seleccionar los materiales, se debe contar con la técnica precisa para golpear los núcleos de piedra de la forma adecuada y se deben elegir las lascas de la forma más idónea para la tarea que se quiera llevar a cabo. El hacer todo eso y, por añadidura, el ser capaz de enseñárselo a los miembros más jóvenes del grupo, implica una habilidad cognitiva muy desarrollada. Las áreas del córtex y del cerebelo relacionadas con la destreza manual son hasta tres veces más grandes en los seres humanos que en los simios.

El modelo del “hombre cazador” —presente ya en la obra de Darwin— ha sufrido críticas considerables. Una de las más acertadas se debe a Clifford Jolly, y se basa en las dudas que ofrece un modelo en *feed-back* tan supuestamente sólido como el del bipedismo—herramientas—disminución de los caninos e incisivos—aumento cerebral (Jolly, 1970). Jolly indica algunos agujeros notorios del modelo: la bipedia aparece mucho antes que los instrumentos líticos, y si se supone que, en sus inicios, los homínidos utilizaban herramientas ocasionalmente y sin construirlas de forma expresa y continua, es decir, obraban como lo hacen los chimpancés, no se entiende por qué estos últimos han conservado unos incisivos y caninos que son los más grandes de todos los simios superiores.

Sea como fuere, parece fuera de toda duda que existe una conexión entre el cambio de modos culturales, la dieta, el aumento del tamaño cerebral y la evolución de las especies del género *Homo*. Reducir un proceso de tan gran complejidad, con

tantos factores implicados, a un modelo simple sería absurdo. No existe algo así como una cadena sucesiva de causas y resultados. Pero de lo que no cabe duda es que en el origen de todo ese fenómeno que retrata, en realidad, el camino hacia nuestra forma de ser, está el acontecimiento de cambio climático que produjo la aparición de las grandes sabanas en África y la presión selectiva sobre los homínidos de aquel momento hacia la necesidad de adaptarse al nuevo entorno. La tecnología jugó un papel esencial en esa adaptación que va cambiando a lo largo de cerca de tres millones de años. El resultado final (hasta ahora) lo conocemos: somos nosotros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aiello, L. C., & Wheeler, P. (1995). The expensive tissue hypothesis: The brain and the digestive system in human and primate evolution. *Current Anthropology*, 36, 199-221.
- Ambrose, S. H. (2001). Paleolithic Technology and Human Evolution. *Science*, 291, 1748-1753.
- Asfaw, B., Beyene, Y., Suwa, G., Walter, R. C., White, T. D., WoldeGabriel, G., & Yemane, T. (1992). The earliest Acheulan from Konso-Gardula. *Nature*, 360, 732-735.
- Binford, L. R. (1981). *Bones: Ancient men and modern myths*. New York, NY: Academic Press.
- Blumenshine, R. (1987). Characteristics of an Early Hominid Scavenging Niche. *Current Anthropology*, 28, 383-408.
- Boesch, C., Head, J., & Robbins, M. M. (2009). Complex tool sets for honey extraction among chimpanzees in Loango National Park, Gabon. *J Hum Evol*, 56, 560-569.
- Boesch, C., & Tomasello, M. (1998). Chimpanzee and Human Cultures. *Current Anthropology*, 39, 591-595.
- Callaway, E. (2015). Oldest stone tools raise questions about their creators. *Nature*, 520, 421.
- Carbonell, E., Mosquera, M., & Rodríguez, X. P. (2007). The emergence of technology: A cultural step or long-term evolution? *Comptes Rendus Palevol*, 6(3), 231-233.
- Clark, G. A. (1969). *World prehistory: A new synthesis*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Clark, J. D., & Kurashina, H. (1979). Hominid Occupation of the East-Central Highlands of Ethiopia in the Plio-Pleistocene. *Nature*, 282, 33-39.
- de Heinzelin, J., Clark, J. D., White, T., Hart, W., Renne, P., WoldeGabriel, G., . . . Vrba, E. (1999). Environment and Behavior of 2.5-Million-Year-Old Bouri Hominids. *Science*, 284, 625-629.

- de la Torre, I., Mora, R., & Martínez-Moreno, J. (2008). The early Acheulean in Peninj (Lake Natron, Tanzania). *Journal of Anthropological Archaeology*, 27(2), 244-264.
- Evernden, J. F., & Curtiss, G. H. (1965). Potassium Argon dating of Late Cenozoic rocks in East Africa and Italy. *Current Anthropology*, 6, 348-385.
- Goodall, J. M. (1964). Tool-Using and Aimed Throwing in a Community of Free-Living Chimpanzees. *Nature*, 201, 1264-1266.
- Groves, C. P. (1989). *A Theory of Human and Primate Evolution*. Oxford: Clarendon Press.
- Groves, C. P., & Mazák, V. (1975). An Approach to the Taxonomy of the Hominidae: Gracile Villafranchian Hominids of Africa. *Casopis pro Mineralogii Geologii*, 20, 225-247.
- Hofman, M. A. (1983). Energy metabolism, brain size and longevity in mammals. *Quarterly Review of Biology*, 58, 495-512.
- Isaac, G. L. (1969). Studies of Early Cultures in East Africa. *World Archaeology*, 1, 1-28.
- Isaac, G. L. (1975). Stratigraphy and Cultural Patterns in East Africa During the Middle Ranges of Pleistocene Time. In K. W. Butzer & G. L. Isaac (Eds.), *After the Australopithecines* (pp. 495-542). The Hague: Mouton.
- Isaac, G. L. (1978). The archaeological evidence for the activities of early African hominids. In C. J. Jolly (Ed.), *Early Hominids of Africa* (pp. 219-254). London: Duckworth.
- Isaac, G. L. (1984). The archaeology of human origins: studies of the Lower Pleistocene in Africa. In F. Wendorf & A. Close (Eds.), *Advances in World Archaeology* 3 (pp. 1-87). New York, NY: Academic Press.
- Jolly, C. J. (1970). The Seed-Eaters: a New Model of Hominid Differentiation. *Man (New Series)*, 5, 5-26.
- Kuman, K. (2007). The Earlier Stone Age in South Africa: Site Context and the Influence of Cave Studies In T. R. Pickering, K. Schick, & N. Toth (Eds.),

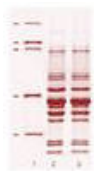
- Breathing Life into Fossils* (pp. 181-198). Gosport, IN: Stone Age Institute Press.
- Leakey, L. S. B., Tobias, P. V., & Napier, J. R. (1964). A New Species of the Genus *Homo* from Olduvai. *Nature*, 202, 7-9.
- Leakey, M. (1966). A review of the Oldowan culture from Olduvai Gorge, Tanzania. *Nature*, 212, 577-581.
- Leakey, M. D. (1975). Cultural Patterns in the Olduvai Sequence. In K. W. Butzer & G. L. Isaac (Eds.), *After the Australopithecines* (pp. 477-493). The Hague: Mouton.
- Lepre, C. J., Roche, H., Kent, D. V., Harmand, S., Quinn, R. L., Brugal, J.-P., . . . Feibel, C. S. (2011). An earlier origin for the Acheulian. *Nature*, 477(7362), 82-85.
- Leroi-Gourhan, A. (1964). *Le Geste et la Parole*. Paris: Albin Michel.
- Milton, K. (1988). Foraging behaviour and the evolution of primate intelligence. In R. Byrne & A. Whiten (Eds.), *Machiavellian Intelligence* (pp. 285-305). Oxford: Clarendon Press.
- Movius, H. L. (1948). The Lower Paleolithic cultures of southern and eastern Asia. *Transactions of the American Philosophical Society*, 38, 330-420.
- Noll, M. P., & Petraglia, M. D. (2003). Acheulean Bifaces and Early Human Behavioral Patterns in East Africa and South India. In M. Soressi & H. L. Dibble (Eds.), *Multiple Approaches to the Study of Bifacial Technologies* (pp. 31-53). Philadelphia, PA: University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology.
- Otte, M. (2003). The Pitfalls of Using Bifaces as Cultural Markers. In M. Soressi & H. L. Dibble (Eds.), *Multiple Approaches to the Study of Bifacial Technologies* (pp. 183-192). Philadelphia, PA: University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology.
- Otte, M. (2010). Before Levallois. *Quaternary International*, 223-224(0), 273-280.
- Panger, M. A., Brooks, A. S., Richmond, B. G., & Wood, B. (2002). Older Than the Oldowan? Rethinking the Emergence of Hominin Tool Use. *Evolutionary Anthropology*, 11, 235-245.

- Pickering, T. R., White, T. D., & Toth, N. (2000). Cutmarks on a Plio-Pleistocene Hominid From Sterkfontein, South Africa. *American Journal of Physical Anthropology*, *111*, 570-584.
- Plummer, T. (2004). Flaked Stones and Old Bones: Biological and Cultural Evolution at the Dawn of Technology. *Yearbook of Physical Anthropology*, *47*, 118-164. Sabater Pi, J. (1984). *El chimpancé y los orígenes de la cultura*. Barcelona: Anthropos.
- Schick, K. D., & Toth, N. (1993). *Making Silent Stones Speak*. New York, NY: Simon & Schuster.
- Schlanger, N. (1994). *Chaine opératoire* for an archaeology of the mind. In C. Renfrew & E. B. W. Zubrow (Eds.), *The ancient mind. Elements of cognitive archaeology* (pp. 143-151). Cambridge: Cambridge University Press.
- Semaw, S., Renne, P., Harris, J. W. K., Feibel, C. S., Bernor, R. L., Fesseha, N., & Mowbray, K. (1997). 2.5-million-year-old Stone Tools from Gona, Ethiopia. *Nature*, *385*, 333-336.
- Semaw, S., Rogers, M., & Stout, D. (2009). The Oldowan-Acheulian Transition: Is there a "Developed Oldowan" Artifact Tradition? In M. Camps & P. Chauhan (Eds.), *Sourcebook of Paleolithic Transitions* (pp. 173-193): Springer New York.
- Sherwood, C. C., Subiaul, F., & Zawidzki, T. W. (2008). A natural history of the human mind: tracing evolutionary changes in brain and cognition. *Journal of Anatomy*, *212*, 426-454.
- Toth, N. (1985a). Archaeological evidence for preferential right-handedness in the lower and middle Pleistocene, and its possible implication. *Journal of Human Evolution*, *14*, 607-614.
- Toth, N. (1985b). The Oldowan Reassessed: A Close Look at Early Stone Artifact. *Journal of Archaeological Science*, *12*, 101-120.
- Vogel, G. (1999). Chimps in the Wild Show Stirrings of Culture. *Science*, *284*, 2070-2073.

Vogel, J. C., & Waterbolk, H. T. (1967). Groningen Radio Carbon dates VII. *Radio Carbon*, 9, 145.

Washburn, S. L., & Lancaster, C. S. (1968). The Evolution of Hunting. In R. B. Lee & I. DeVore (Eds.), *Man the Hunter* (pp. 293-303). Chicago, Ill.: Aldine Publishing Co.

Whiten, A., Goodall, J., McGrew, W. C., Nishida, T., Reynolds, V., Sugiyama, Y., . . . Boesch, C. (1999). Cultures in chimpanzees. *Nature*, 399, 682-685.



Sociología y tecnociencia
Sociology & Technoscience
Sociologia e tecnociência

