

MUNIBE (Antropología-Arqueología)	nº 63	5-26	SAN SEBASTIÁN	2012	ISSN 1132-2217
-----------------------------------	-------	------	---------------	------	----------------

Recibido: 2012-10-04
Aceptado: 2012-11-11

Discriminación experimental de los rasgos técnicos en la talla bipolar y a mano alzada en lascas a través de los cuarzos de Naibor Soit (Garganta de Olduvai, Tanzania)

Experimental discrimination of the technical traits related to bipolar versus freehand techniques on knapped flakes using Naibor Soit quartz (Olduvai Gorge, Tanzania)

PALABRAS CLAVES: Garganta de Olduvai, Naibor Soit, talla bipolar, talla a mano alzada y arqueología experimental.

KEY WORDS: Olduvai Gorge, Naibor Soit quartz, bipolar knapping, freehand knapping, experimental archaeology.

GAKO-HITZAK: Olduvaiko zintzurra, Naibor Soit, tailu bipolarra, eskuz hutsez egindako tailuak eta arqueología esperimentala.

**Policarpo SÁNCHEZ YUSTOS⁽¹⁾, Fernando DIEZ MARTÍN⁽¹⁾,
Manuel DOMÍNGUEZ-RODRIGO⁽²⁾ y Antonio TARRIÑO VINAGRE⁽³⁾**

RESUMEN

La identificación de la talla bipolar puede ser controvertida debido fundamentalmente a la naturaleza petrográfica del cuarzo y a su fracturación heterogénea. Este trabajo pretende superar este problema mediante el desarrollo de un marco explicativo experimental destinado al reconocimiento de los rasgos diagnósticos en las lascas producidas por ambos métodos de talla en la reducción del cuarzo de Naibor Soit (Garganta de Olduvai, Tanzania). El objetivo final de este trabajo es el de utilizar un conjunto de variables relacionadas con la respuesta de esta materia prima a la fractura a mano alzada y bipolar en dos experimentos destinados a individualizar estadísticamente los rasgos técnicos diagnósticos que mejor identifican a la talla bipolar en este tipo de materia prima.

ABSTRACT

Due to the petrographic nature of quartz and to its heterogeneous response to fracture, the identification of bipolar knapping at any given site can be controversial. This work aims to overcome this problem by developing an experimental referential framework for the recognition of characteristic features of flakes produced through both bipolar and freehand reduction of Naibor Soit quartz cores (Olduvai Gorge, Tanzania). The final goal of this work is to use a set of variables related to the response of this raw material to freehand and bipolar fracture, obtained through two independent controlled experiments, in order to statistically differentiate the diagnostic technological traits that best indicate bipolar reduction on this raw material type.

LABURPENA

Tailu bipolarraren identifikazioa eztabaidagarria izan daiteke, batez ere kuartzoa petrografikoa delako, bai eta haren hauste heterogeneo-egatik ere. Lan honen bidez arazo hori gaingitu nahi da, azalpen-esparru esperimetal bat garatuz, Naibor Soiten (Olduvaiko zintzurra, Tanzania) dagoen kuartzoaren erredukzioan bi lantze-metodoek sortutako harri-pusketan diagnosi-ezaugarriak antzemateko. Lan honen xede nagusia da lehengai horrek hauste bipolarri eta esku hutsezkoari ematen dien erantzunarekin zerikusia duten zenbait aldagai erabiltzea bi esperimintutan, lehengai-mota honetan tailu bipolarra ongien identifikatzen duten diagnosi-ezaugarri teknikoak estatistikoki bereizteko.

1.- INTRODUCCIÓN

Distintos autores han señalado que las actividades de percusión pudieron jugar un papel preponderante en el origen de la manipulación lítica y del comportamiento tecnológico entre los primeros homínidos (DE BEAUNE, 2004; CARVALHO y MCGREW, 2012; PANGER *et al.*, 2002; WHI-

TEN *et al.*, 2009). Si tomamos como referencia la definición clásica de talla bipolar -un método de reducción que consiste en colocar un núcleo sobre un yunque para golpearlo con un percutor (CRABTREE, 1972: 42; 1982: 5; KUIJT y RUSSELL, 1993: 672; LEAF, 1979: 39; LE BLANC, 1984: 183; SHOTT, 1989: 2) y las similitudes de los requisitos me-

⁽¹⁾ Universidad de Valladolid, Departamento de Prehistoria y Arqueología, Pza. del Campus, s/n, 47011 Valladolid; policarpos@hotmail.com; fernando.diez.martin@uva.es

⁽²⁾ Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Prehistoria, Prof. Aranguren s/n, 28080 Madrid; m.dominguez.rodrigo@gmail.com

⁽³⁾ Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (CENIEH), Paseo de la Sierra de Atapuerca, s/n, 09002 Burgos; antonio.tarrino@cenieh.es

cánicos y posturales de la talla bipolar con las actividades de percusión relacionadas con la manipulación de materiales orgánicos –idéntico modelo de prensión, coordinación vista-mano y control de la fuerza desarrollada (CALLAHAN, 1987; WHITEN, *et al.* 2009: 423) parece razonable poder inferir que la producción de filos útiles a través de la reducción bipolar pudo haber constituido una de las más antiguas técnicas de talla utilizadas por los primeros homínidos, tal y como algunos autores han señalado ya (LEROI-GOURHAN, 1964; PANGER *et al.*, 2002; SCHICK y TOTH, 1993).

Los evidentes rasgos de talla concoidal observados en los materiales líticos de Gona (Etiopía) y Lokalalei (Kenia), sugieren que ya hace 2,5 Ma. los homínidos habían adquirido un buen conocimiento de los principios relacionados con la talla a mano alzada (DELAGNES y ROCHE, 2005; ROCHE *et al.*, 1999; SEMAW, 2000, ROGERS y SEMAW, 2009). Este tipo de talla implica el control de una serie de destrezas motoras y neuronales que caracterizan a la percusión bimanual (STOUT y CHAMINADE, 2007). Si tenemos en cuenta las dificultades que muestran algunos simios para reproducir con éxito este modelo de talla (SCHICK *et al.*, 1999), en contraposición con la capacidad de chimpancés y capuchinos para llevar a cabo una cierta diversidad de actividades de percusión, particularmente el procesamiento de nueces (BOESCH *et al.*, 1994; FRAGASZI, 2004; KORTLANDT, 1986; VISALBERGHI *et al.*, 2007), la hipótesis según la cual la talla bipolar pudo haber precedido a la percusión a mano alzada en la evolución de la tecnología homínida merece una cuidada atención (CALLAHAN, 1987; WESTERGAARD, 1995). La posibilidad de que la técnica bipolar se encuentre profundamente enraizada en las rutinas tecnológicas de nuestros ancestros homínidos podría constituir la clave para comprender por qué ésta constituye un componente tan persistente en el registro arqueológico y etnográfico de todo el mundo (BARHAM, 1987; BERMAN *et al.*, 1999; BRINK, 1992; CROVETTO, 1994; CURTONI, 1999; DIEZ MARTÍN *et al.*, 2009a, b; GOODYEAR, 1993; KUHN, 1995; SHOTT, 1989; WHITE, 1968).

La talla bipolar se documenta, aunque en grados diversos, en el registro arqueológico de la *Early Stone Age* (ESA) entre 2,3 y 1,3 Ma., en yacimientos tales como Senga (República Democrática del Congo), Omo Shungura (Etiopía), la Formación Koobi Fora (Kenia) y la Garganta de Olduvai (LUDWIG y HARRIS, 1998; DE LA TORRE, 2004; TOTH, 1982; LEAKEY, 1971). En otros contextos de la ESA africana, al igual que en otros periodos más recientes (DIEZ MARTÍN *et al.*, 2009b), el uso de estrategias de reducción bipolar está íntimamente vinculado al cuarzo. Resulta evidente que esta selección tecnológica constituye una adaptación eficaz a las limitaciones impuestas por la materia prima (BRAUN *et al.*, 2009), especialmente aquellas relacionadas con su morfología y respuesta a la fractura (BREUIL y LANTIER, 1951: 71; LUDWIG y HARRIS, 1998: 90; TOTH, 1982: 126). En los casos en los que la roca local disponible está constituida fundamentalmente por materiales volcánicos de buena calidad,

la talla bipolar está ausente, como ocurre en Gona (ROGERS y SEMAW, 2009) o es muy marginal, como en Koobi Fora (LUDWIG y HARRIS, 1988; TOTH, 1982). En otros yacimientos, como en Senga (a pesar de su controvertida cronología), la abundancia de talla bipolar supone una respuesta directa a la ausencia de recursos líticos alternativos a los pequeños cantos de cuarzo (LUDWIG y HARRIS, 1998: 90).

En la Garganta de Olduvai, donde se encuentra disponible una gran variedad de rocas y texturas (HAY, 1976), la relación entre los modelos de talla bipolar y a mano alzada reflejan un entramado mucho más complejo de comportamientos. Aquí, Mary Leakey reconoció la presencia residual de reducción bipolar en los artefactos de cuarzo (siguiendo la nomenclatura tipológica clásica utilizada por Leakey, estos objetos eran citados como *outils écaillés*, para una discusión terminológica actualizada véase SHOTT, 1999: 218-219) de varios yacimientos atribuidos al Olduvayense Evolucionado, particularmente BK (LEAKEY, 1971: 221). JONES (1994: tabla 10.3) reconoció que desde el Lecho II intermedio en adelante existía una importante proporción de artefactos bipolares. Más tarde, otros autores han confirmado esta impresión en el mismo intervalo estratigráfico (LUDWIG y HARRIS, 1998). Por lo que sabemos, POTTS (1988: 245) es el único autor que, aunque de forma bastante sutil, ha reconocido el uso recurrente de la talla bipolar para la explotación del cuarzo desde las más antiguas evidencias localizadas en el Lecho I.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, resulta sorprendente que otras revisiones de las colecciones recuperadas por Leakey no hayan concedido ninguna relevancia a la talla bipolar en la Garganta de Olduvai, al menos desde la parte intermedia del Lecho II (DE LA TORRE y MORA, 2005; KIMURA, 2002). Frente a las interpretaciones hechas por DE LA TORRE y MORA (2005: 215) sobre la colección lítica de Leakey, DIEZ MARTÍN *et al.* (2009a, 2010) han señalado que el método de reducción bipolar supone un porcentaje relevante en las colecciones arqueológicas recuperadas recientemente en yacimientos de los Lechos I y II, tales como FLK Norte y BK. En ambos casos, mientras la reducción de rocas volcánicas parece haberse llevado a cabo exclusivamente a través de la técnica de percusión a mano alzada, el cuarzo parece haber experimentado un tratamiento mucho más diversificado, en el que se incluyen secuencias operativas bipolares y a mano alzada. Existen razones para suponer que una fracción importante de los objetos líticos considerados por de la Torre y Mora como el resultado de actividades de percusión (una perspectiva que hemos denominado en otros trabajos como la “hipótesis de los yunques”), pueden interpretarse de forma más consistente como parte del universo bipolar (DIEZ MARTÍN *et al.* 2009a, 2010).

Las dificultades a la hora de reconocer la reducción bipolar (por ejemplo, invisibilidad, subrepresentación o diagnóstico ambiguo) son repetidamente citadas en la bibliografía (ANDREFSKY, 1998; JESKE y LURIE, 1993; PROUS y LIMA, 1990). Dado que en la talla bipolar la apli-

cación de la fuerza es difícilmente controlable (BERTOUILLE, 1989: 43-44; SHOTT, 1989: 2), que en el transcurso de la secuencia de talla se produce una gran cantidad de fragmentos no intencionados y que este método favorece el agotamiento total de los núcleos (BARHAM, 1987; KOBAYASHI, 1975; GOODYEAR, 1993; PROUS y LIMA, 1990; SHOTT, 1989), el resultado de un proceso de talla bipolar puede confundirse con fragmentos informes y amorfos de difícil interpretación (BERMAN *et al.*, 1999; KOBAYASHI, 1975; PROUS y LIMA, 1990). Este diagnóstico controvertido ha sido subrayado recientemente para el caso de Olduvai (DIEZ MARTÍN *et al.*, 2009a).

La discutida interpretación de los materiales en cuarzo de Olduvai constituye un buen ejemplo del presente estado de la cuestión sobre la talla bipolar en la ESA, dominado por la ausencia de marcos experimentales de referencia. Ciertamente, la literatura sobre talla bipolar es extensa y ofrece una gran cantidad de información relevante para comprender las particularidades de esta técnica. Los estudios que han tratado este modelo de talla se han centrado en una gran diversidad de cuestiones, tales como la dinámica de fractura, la definición de los rasgos técnicos diagnósticos tanto en núcleos como en positivos bipolares o la interpretación de las secuencias de talla bipolar (BINFORD y QUIMBY, 1965; COTTERELL y KAMMINGA, 1987; JESKE, 1992; LEAF, 1979; VAN DER DRIFT, 2001). Esta información se ha obtenido preferentemente a través de la experimentación, una vía eficaz para sistematizar tanto las pautas de reducción bipolar como la forma en la que el analista contemporáneo percibe los rasgos técnicos producidos por una aplicación de fuerza de esta naturaleza (BARHAM, 1987; BRADBURY y CARR, 2004; CURTONI, 1996; CROVETTO *et al.*, 1994; JESKE y LURIE, 1993; KOBAYASHI, 1975; KUIJT y RUSSELL, 1993; KUIJT *et al.*, 1995).

Sin embargo, la mayor parte de los estudios experimentales han sido llevados a cabo con el objeto de replicar periodos arqueológicos sensiblemente más modernos o incluso ejemplos etnográficos que, por lo tanto, se centran en contextos y situaciones que difícilmente pueden compararse con los que caracterizan a los yacimientos de la ESA. Con la excepción de los trabajos incluidos en la tesis doctoral de TOTH (1982), los únicos estudios experimentales relativos a la talla bipolar en contexto ESA han sido publicados por JONES (1994). Sin embargo, este autor estaba mucho más interesado en reproducir los objetos tipológicos clasificados previamente por LEAKEY como *ouils écaillés* que en replicar secuencias completas de reducción bipolar (*ibid.*: 285).

La materia prima constituye un factor clave a la hora de poner a prueba la utilidad de una analogía experimental dada como marco referencial en arqueología (AMICK y MAULDIN, 1997: 18). En este sentido, la mayor parte de experimentos sobre talla bipolar se han llevado a cabo utilizando rocas criptocristalinas como el sílex y la obsidiana o materiales basálticos de grano fino (AMICK y MAULDIN, 1997; CROVETTO *et al.*, 1994; DE LA PEÑA ALONSO, 2011; KOBAYASHI, 1975; KUIJT *et al.*, 1995; MAGNE,

1985; RYSSAERT, 2005; VERGÉS y OLLÉ, 2010), al tiempo que son muy escasos los estudios que han abordado la respuesta del cuarzo a la mecánica de fracturación bipolar (FLENIKEN, 1981; MORRISON, 1994; MOURRE, 1996; 2004). De este modo, no se ha demostrado que muchos de los rasgos técnicos indicativos de talla bipolar más reconocidos, citados repetidamente en la literatura (CALLAHAN, 1987: 31, 34; KOBAYASHI, 1975: 126; LEAF, 1979: 30-40; JESKE y LURIE, 1993: 138-139; BERMAN *et al.*, 1999: 419, 422) presenten un peso estadístico suficientemente significativo como para ser tomados como indicadores diagnósticos de la talla bipolar (DIEZ MARTÍN *et al.*, 2009b) o simplemente no pueden aplicarse al cuarzo (una roca isotrópica que fractura de forma compleja y poco previsible, MOURRE, 1996, 2004). Además, algunos experimentos centrados en la reducción bipolar tienden a concentrarse en la manipulación de pequeños cantos rodados, probablemente sumándose a la omnipresente idea de que la reducción bipolar es fundamentalmente útil para la explotación de nódulos pequeños (BREUIL y LANTIER, 1951: 71; JESKE, 1992: 472; KUIJT y RUSSELL, 1993: 673; PARRY y KELLY, 1987: 302). Al proceder de este modo, estos trabajos están ignorando otros tipos de formatos naturales utilizados como núcleos y favorecen indirectamente el uso de una talla bipolar de tipo vertical (BAQUEIRO, 2007; BARHAM, 1987; CURTONI, 1999; KUHN, 1995; LOMBERA, 2004) frente a otra de tipo horizontal (TOTH, 1982). Sin embargo, este último modelo es mucho más eficaz en contextos como Olduvai, donde el cuarzo aparece habitualmente en forma de fragmentos tabulares (HAY, 1976). Las lascas obtenidas en el transcurso de la talla bipolar vertical pueden diferenciar substancialmente de aquellas otras obtenidas de un modelo horizontal (BARHAM, 1987; HONEA, 1965; TOTH, 1982) puesto que en ambos casos la fracturación del núcleo se produce de forma diferente (VAN DER DRIFT, 2001).

Teniendo en consideración estos aspectos, necesitamos analogías que puedan utilizarse para identificar el componente bipolar en los conjuntos líticos que estamos excavando en la Garganta de Olduvai. Estas analogías, que deben ser experimentales por fuerza, pueden utilizarse como referentes para otros investigadores que se encuentre tratando con materiales de la misma naturaleza. Desde un punto de vista epistemológico, los marcos analógicos deben derivarse de experimentos que, de la forma más fiel posible, pretendan reproducir las premisas y variables en las que se fundamenta el registro arqueológico (DOMÍNGUEZ-RODRIGO, 2008). Es por ello por lo que si la técnica de talla bipolar pueden inferirse del registro lítico de Olduvai elaborado en cuarzo, semejante inferencia se encuentra más justificada epistemológicamente si la reproducción experimental usa los mismos materiales que los empleados por los homínidos de la Cuenca de Olduvai.

En este trabajo presentamos un conjunto de experimentos centrados en la reducción del cuarzo mediante las técnicas de talla bipolar y a mano alzada. Ambas estrategias se solapan e incluso, en algunos casos, están conectadas (DIEZ MARTÍN *et al.* 2009a, 2010). Aunque en

nuestro trabajo no desatendemos la información deparada por el análisis de los núcleos, hemos centrado la atención en los productos por varias razones: 1) algunos autores han señalado ya que la identificación de rasgos bipolares en los núcleos es más fiable que en los positivos (JESKE y LURIE, 1993: 140), un aspecto que hemos confirmado en nuestros estudios (DIEZ MARTÍN *et al.*, 2009a, b); 2) por tanto, la confusión es más habitual a la hora de definir los rasgos de las lascas bipolares; 3) los objetos con morfología de positivos o fragmentos indeterminados procedentes de la talla bipolar (por ejemplo, una gran cantidad de fragmentos informes, restos de talla, núcleos agotados y debris) suelen ser mucho más abundantes que los núcleos en el registro arqueológico (BRADBURY y CARR, 2004); y 4) suele considerarse que las lascas potencialmente utilizables constituyen el objetivo principal de la reducción lítica. Al comparar las lascas a mano alzada y bipolares (cantidad, calidad y filo potencialmente utilizable que producen ambas técnicas), podemos intentar arrojar luz sobre el oscuro asunto de la funcionalidad de la talla bipolar (SHOTT, 1999) y podemos, por tanto, aportar nuevos datos sobre las razones, si es que existe alguna, que han conducido al uso de dos técnicas distintas en la explotación del cuarzo en la Cuenca de Olduvai. En definitiva, el objetivo final de este trabajo es usar todas las variables relacionadas con la respuesta del cuarzo de Naibor Soit a la fractura bipolar y a mano alzada (registradas mediante dos experimentos controlados) con el objeto de determinar estadísticamente los rasgos tecnológicos diagnósticos que pueden identificar mejor la reducción bipolar en este tipo de materia prima. Este trabajo ofrecerá una analogía de referencia para nuevas interpretaciones sobre los comportamientos tecnológicos en Olduvai.

2. MUESTRA Y MÉTODOS DE ANÁLISIS

2.1. Materiales

Para el desarrollo del presente experimento se ha utilizado el cuarzo disponible en la Garganta de Olduvai. El experimento 1 consistió en la reducción de nueve núcleos a través de la talla bipolar, mientras que en el experimento 2 se tallaron diez núcleos mediante la percusión a mano alzada. La descripción litológica, las fuentes de aprovisionamiento y los estudios experimentales sobre las propiedades de fracturación de las principales rocas disponibles en la Cuenca de Olduvai han sido temas tratados extensamente en otras publicaciones (HAY, 1976; JONES, 1994). El inselberg precámbrico de Naibor Soit es un afloramiento de ortogneiss situado unos 3,5 km. al norte de la confluencia de las dos Gargantas. En este promontorio el cuarzo se origina con su roca encajante (gneiss de composición granítica) en venas y diques pegmatíticos. Los fragmentos tabulares de este cuarzo pueden hallarse hoy en día en abundancia en las laderas del inselberg. El cuarzo de Naibor Soit está constituido por agregados policristalinos de tamaños centimétricos con textura granoblástica y contactos entre granos lobulados. Los grandes cristales de cuarzo suelen presentar una incipiente extinción ondulante que indica que han sufrido cierto grado de

deformación dúctil. También hay una presencia significativa de pequeños cristales tabulares orientados de micas blancas (moscovita) de unas 5 micras de espesor y varias decenas de micras de longitud (Fig. 1). Macroscópicamente su aspecto policristalino hace que muestre un aspecto cuarcítico con una fractura irregular que origina que sean de peor calidad para la talla (Fig. 2). La apariencia macroscópica de este cuarzo, no su caracterización pe-



Fig. 1. Vista macroscópica general de la textura del cuarzo policristalino. Muestra extinción ondulante y abundantes inclusiones orientadas de pequeñas micas blancas tabulares. Ampliación x25.

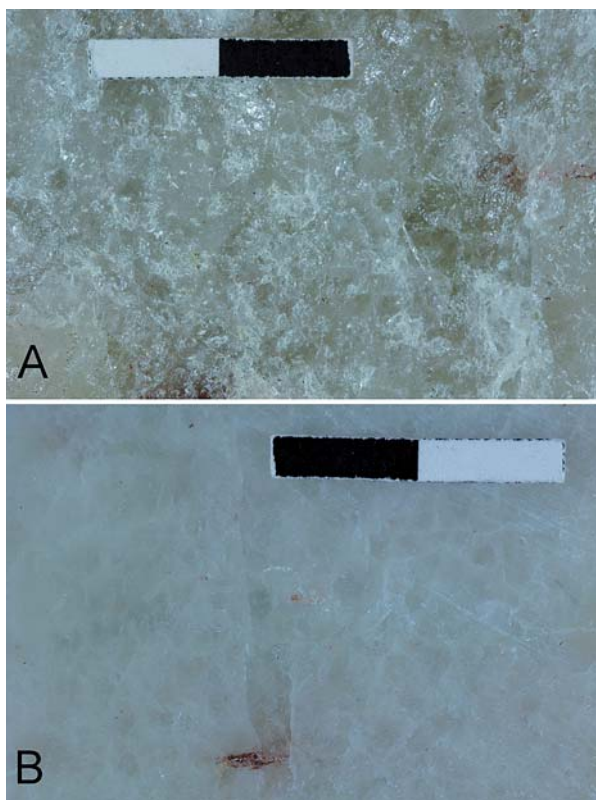


Fig. 2. Vista macroscópica del cuarzo policristalino. 2a. Fractura natural de aspecto cuarcítico, irregular y heterogénea. 2b. Sección plana que muestra el típico el aspecto vítreo característico de los cuarzos.

trográfica, es la razón por la que algunos autores han aludido a esta litología como cuarcita (por ejemplo, BLUMENSCHINE *et al.*, 2008; HAY, 1976; POTTS, 1988; TACTIKOS, 2005).

Todos los especímenes usados como núcleos y yunques en los dos experimentos han sido bloques de cuarzo recogidos por nosotros mismos en las laderas de Naibor Soit. En ambos experimentos, los núcleos fueron tallados por nosotros (PSY y FDM) utilizando rocas volcánicas lávicas (basalto y fonolita) como percutores. Estas rocas aparecen como cantos rodados transportados hacia el interior de la Cuenca desde sus afloramientos volcánicos a través de canales fluviales (HAY, 1976; JONES, 1994). Su morfología redondeada hace de estos materiales los más apropiados para ser utilizados como percutores.

Para el registro de campo y el análisis de laboratorio se utilizó un calibre Mitutoyo, goniómetro, escala digital, cámara fotográfica digital y una cámara digital con la que se grabaron cerca de seis horas de experimentos. La caracterización petrográfica ha sido llevada a cabo con un microscopio Olympus BX51 (aumento x1000) y una cámara digital. El software para el procesamiento de la información y el análisis estadístico incluye los siguientes programas: Microsoft Excel, Paint Shop Pro y R.

2.2. Métodos

2.2.1. El experimento bipolar

Los positivos analizados en este apartado han sido obtenidos a través de la reducción bipolar de nueve bloques de cuarzo recogidos previamente en su fuente primaria de Naibor Soit (en total 32 especímenes). La masa original de los bloques finalmente utilizados como núcleos se muestra en la tabla 1. En nuestro experimento definimos la técnica de talla bipolar como un método para obtener lascas que consiste en colocar un núcleo sobre un

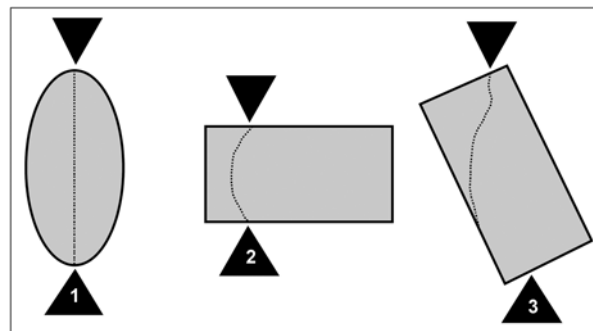


Fig. 3. Representación esquemática de los distintos métodos de talla bipolar: 1. Vertical axial; 2. Horizontal axial; 3. No axial u oblicua (Modificada de Van der Drift, 2001: figura 5).

yunque y fracturarlo con un percutor desde arriba (Fig. 3). El núcleo puede estar situado sobre el yunque de forma vertical (la longitud axial del núcleo coincide con el plano de percusión y la fracturación se produce desde dentro hacia fuera) u horizontal (la longitud axial y el plano de percusión no coinciden y la fracturación se produce desde fuera hacia dentro) (TOTH, 1982). En este experimento hemos tendido a reproducir la técnica horizontal de talla bipolar, dado que es la más adecuada para el procesamiento de la morfología natural tabular de los bloques. Existen dos métodos posibles y bastante diferentes para explicar la forma en la que la fuerza es aplicada desde arriba con el percutor: a) técnica axial (MOURRE, 2004), directa (VAN DER DRIFT, 2001) o simplemente bipolar (CALLAHAN, 1987), en la que el núcleo tiende a ser fracturado verticalmente desde arriba hacia abajo, perpendicular al núcleo y al yunque. En este caso, las fuerzas de compresión opuestas producen dos puntos de impacto opuestos y dos direcciones de fracturación, rasgos característicos de la talla bipolar en sentido estricto (CALLAHAN, 1987); b) técnica no axial (MOURRE, 2004), oblicua (VAN DER DRIFT, 2001) o en yunque (CALLAHAN, 1987), producida cuando el núcleo es impactado de forma oblicua o la fuerza es excéntrica respecto al punto de contacto con el yunque (CALLAHAN, 1987: 13). Sin un punto de contacto distal, las lascas obtenidas a través del método oblicuo no se diferencian sustancialmente de las lascas obtenidas a mano alzada. El objetivo principal de nuestro experimento ha sido el de obtener el número más elevado posible de positivos bipolares a partir de cada núcleo. Para lograrlo de la forma más realista posible, el tallador experimental podía elegir el método más apropiado entre los modelos axial y no axial a lo largo de la secuencia de reducción.

Hemos utilizado una hoja de campo para registrar la información más relevante durante el experimento: medidas iniciales y finales del núcleo (longitud, anchura, grosor y peso), la relación secuencial entre la rotación del núcleo y la obtención de cada lasca, las características de la plataforma de percusión antes de cada episodio de explotación (forma y ángulo de la plataforma, contraplataforma y superficie de percusión), ángulo de golpeo y diversas observaciones (principalmente relativas al resultado de cada episodio de talla). La talla se llevó a cabo

Nº Núcleo	Modelo de reducción	Bloque original	Núcleo agotado	Restos de talla	Positivos registrados
B1	R1	1659,3	334,2	676,2	648,9
B2		2153,2	-	1321,2	308,3
B2a	R2		420,6		
B2b	R1		103,1		
B3		1540,5		540,1	500,2
B3a	R3		74,3		
B3b	R2		217,0		
B3c	R1		208,9		
B4	R3	2503,2	262,1	916,1	1325,0
B5		2572,1		516,6	1101,5
B5a	R2		488,9		
B5b	R1		465,1		
B6	R1	261,9	83,5	57,1	121,3
B7	R2	907,8	157,3	535	215,5
B8	R1	1424,2	328,3	996	129,9
B9	R3	770,0	243,9	131,6	394,5

Tabla 1: Núcleos bipolares tallados experimentalmente (NB) indicando el modelo de reducción y varios parámetros relativos a la masa (medidos en gramos). R1= Sin rotación del núcleo; R2= Una rotación; R3= Dos o más rotaciones.

sobre una gran superficie de plástico para conservar todos los restos producidos. La mayor parte de estos productos muestran una gran variabilidad morfológica y constituyen la mayor parte del abultado componente no diagnóstico de la talla bipolar. Los restos de talla no han sido estudiados con detalle y solo se ha registrado su masa total. La tabla 1 muestra el peso del total de los restos de talla producidos por cada núcleo explotado. La tabla 2 registra la comparación del porcentaje de masa que representan estos fragmentos (respecto a la masa total del bloque inicial) en las técnicas bipolar y a mano alzada. La prueba T de *student* para dos muestras relacionadas muestra que la reducción bipolar produce una mayor cantidad de restos de talla por bloque que la talla a mano alzada ($p=.03$). Esta diferencia es incluso más evidente después de que las muestras fueran ampliadas a partir del método bootstrap ($p=.000$) (véanse más abajo los detalles estadísticos).

Nº Núcleo	Modelo de reducción	Bloque original	Núcleo agotado	Restos de talla	Positivos registrados
A1	B.M.C	1264,3	294,3	195,2	774,8
A2	U.U.S	654,7	156,2	59,4	439,1
A3	U.U.S	1215,4	391,3	152,6	671,5
A4	U.U.S	411,3	103,0	54,8	253,5
A5	T	1011,5	372,1	74,4	565,0
A6	B.U.O	1210,5	326,9	650,5	233,1
A7	B.U.O	900,2	371,0	320,6	208,6
A8	U.B.O	1412,2	470,9	134,2	807,1
A9	U.B.O	1454,2	249,3	554,0	650,9
A10	B.B.O	1510,1	273,7	468,2	768,2

Tabla 2: Núcleos a mano alzada tallados experimentalmente (NA) indicando el modelo de reducción y varios parámetros relativos a la masa (medidos en gramos). U.U.S = Unifacial unipolar semicircular; U.B.O= Unifacial bipolar opuesto; B.U.O= Bifacial Unipolar Opuesto; B.B.O= Bifacial bipolar opuesto; B.M.C= Bifacial multipolar centripeto; T= Trifacial multipolar.

Nuestro análisis confirma de forma consistente la idea de que la talla bipolar es una técnica que produce un gran gasto de materia prima (SHOTT, 1989: 2). Los positivos producidos en cada episodio de talla (habitualmente fracturados en varias piezas remontables) constituyen el componente diagnóstico del método de talla bipolar. Cada uno de estos objetos técnicos ha sido marcado con un rotulador indeleble indicando su plataforma (punto) y contraplataforma (aspa). Posteriormente, cada positivo fue guardado en una bolsa hermética individual, registrado con el mismo código secuencial consignado en la hoja de campo y guardado para su análisis en el laboratorio.

Debido a la abundancia de planos naturales de fractura e irregularidades internas en los bloques de cuarzo de Naibor Soit, algunos cantos ($n=4$) se fracturaron en varios fragmentos potencialmente utilizables en distintas fases del proceso de explotación. Por ejemplo, B 3 se fracturó en tres fragmentos tras la obtención del primer positivo. En estos casos, y en la medida en que fue posible, los fragmentos fueron considerados sub-núcleos dentro del mismo experimento y se explotaron hasta su agotamiento. Cuando los fragmentos no eran adecuados para su reducción, se midieron, registraron y abandonaron. Por

idénticas razones, relacionadas con las irregularidades propias del cuarzo, otros tres núcleos de prueba fueron abandonados y excluidos del resultado final de este experimento.

Los núcleos fueron explotados a partir de dos variables complementarias (BINFORD y QUIMBY, 1963; DIEZ MARTÍN *et al.*, 2009a): rotación del núcleo y alternancia en el uso de plataformas. La rotación del núcleo constituye una respuesta eficaz tanto a la intensidad de la explotación como a la morfología de la materia prima. A lo largo del proceso de reducción, el tallador equilibra la pérdida gradual de la superficie de percusión y la estabilidad de la contraplataforma mediante la elección de una nueva relación plataforma/contraplataforma. La rotación del núcleo, por lo tanto, permite al tallador mantener una superficie de percusión favorable y una contraplataforma estable. Además, organiza el progreso volumétrico del bloque explotado para obtener nuevas series de explotación. Hemos sistematizado la explotación de los núcleos bipolares en tres grupos simplificados (Fig. 4): Los núcleos R1 (Rotación 1) son especímenes en los que la relación entre la plataforma (superficie de percusión) y contraplataforma (superficie que descansa sobre el yunque y aporta estabilidad al núcleo) se mantiene estable durante toda la explotación del bloque; los núcleos R2 son piezas en las que se observa un serie de rotación en el núcleo y, por tanto, han experimentado una alternancia en la relación plataforma/contraplataforma (esta rotación suele ser ortogonal respecto a la estructura previa); R3 son los núcleos en los que puede inferirse la existencia de múltiples series de rotación y alternancia plataforma/contraplataforma (en todo caso, más de 2). La tabla 1 muestra los modelos seguidos para la explotación de cada uno de los núcleos tallados (Figs. 5 y 6).

2.2.2. El experimento a mano alzada

Las lascas estudiadas en este apartado se han obtenido a través de la reducción a mano alzada de diez bloques de cuarzo entre los que se seleccionaron previamente para tal fin (un total de 26 especímenes procedentes de Naibor Soit). La masa inicial de los soportes utilizados como núcleos se muestra en la tabla 2. La prueba t revela la ausencia de diferencias estadísticas en este parámetro entre los núcleos explotados mediante la talla bipolar y a mano alzada ($p=0.19$). Se ha utilizado un procedimiento similar de trabajo de campo que el descrito en el apartado anterior. La respuesta del cuarzo de Naibor Soit a la talla a mano alzada muestra una menor cantidad de accidentes relacionados con la fragmentación del núcleo. A diferencia del experimento bipolar, ningún bloque se fracturó en distintos fragmentos y la secuencia de reducción mostró una clara continuidad desde el momento inicial de la talla hasta el abandono de los núcleos por agotamiento. Las estrategias de reducción utilizadas para este experimento pueden definirse de acuerdo a tres parámetros: facialidad (número de superficies de talla explotadas), polaridad (número de plataformas de percusión identifica-

das) y relación entre las diferentes series. En función de la combinación de estos tres atributos, hemos identificado los siguientes modelos de explotación en nuestra colección lítica (Figura 4): unifacial unipolar semicircular, unifacial bipolar opuesto, bifacial unipolar opuesto, bifacial bipolar opuesto, bifacial multipolar centrípeto y trifacial/multifacial. La tabla 2 muestra la forma en la que se han explotado los núcleos a mano alzada.

2.2.3. Selección de variables

2.2.3.1. Variables métricas

Uno de los objetivos de este experimento ha sido la discriminación de diferencias en la masa, forma y módulos volumétricos de las lascas. Por ello, los parámetros métricos más relevantes son aquellos que definen el proceso de propagación de la fractura (la relación entre anchura y grosor en las zonas proximal, medial y distal de la lasca).

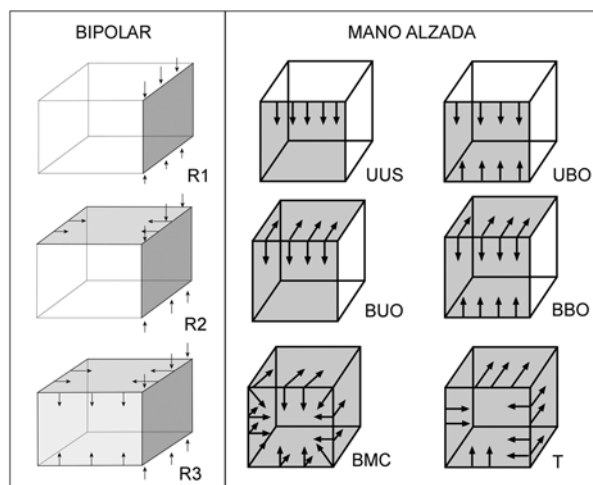


Fig. 4. Representación esquemática de los tipos de núcleos bipolares y a mano alzada replicados experimentalmente.

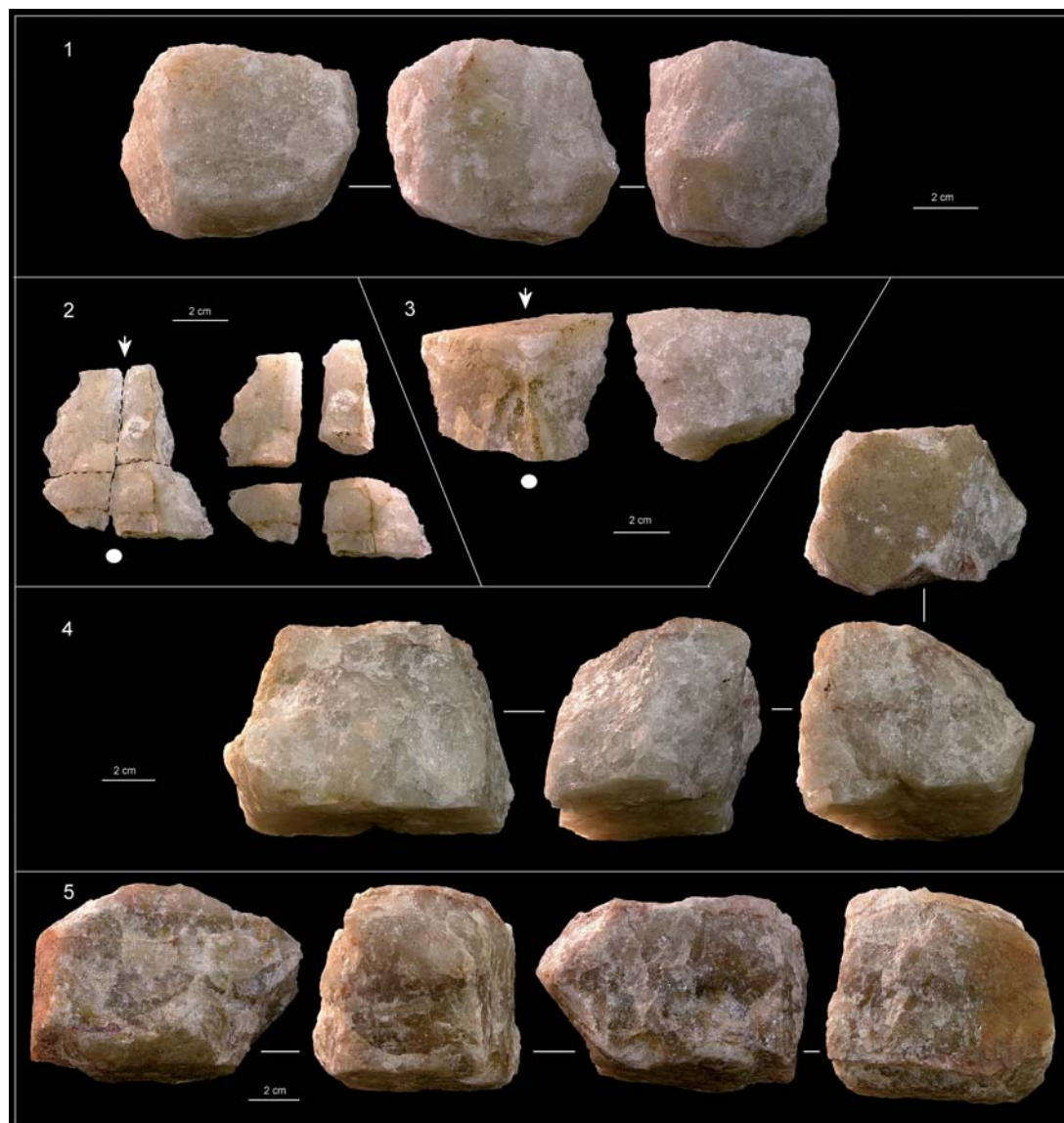


Fig. 5. Núcleos bipolares: 1. B9, tipo R3; 4. B2b, tipo R1; 5. B5a, tipo R2; Lascas bipolares: 2. Con fractura longitudinal y transversal, vista dorsal; 3. Rasgos típicos en lascas bipolares: mecanismo de fractura en cuña y terminación distal en plataforma, vistas dorsal y ventral.

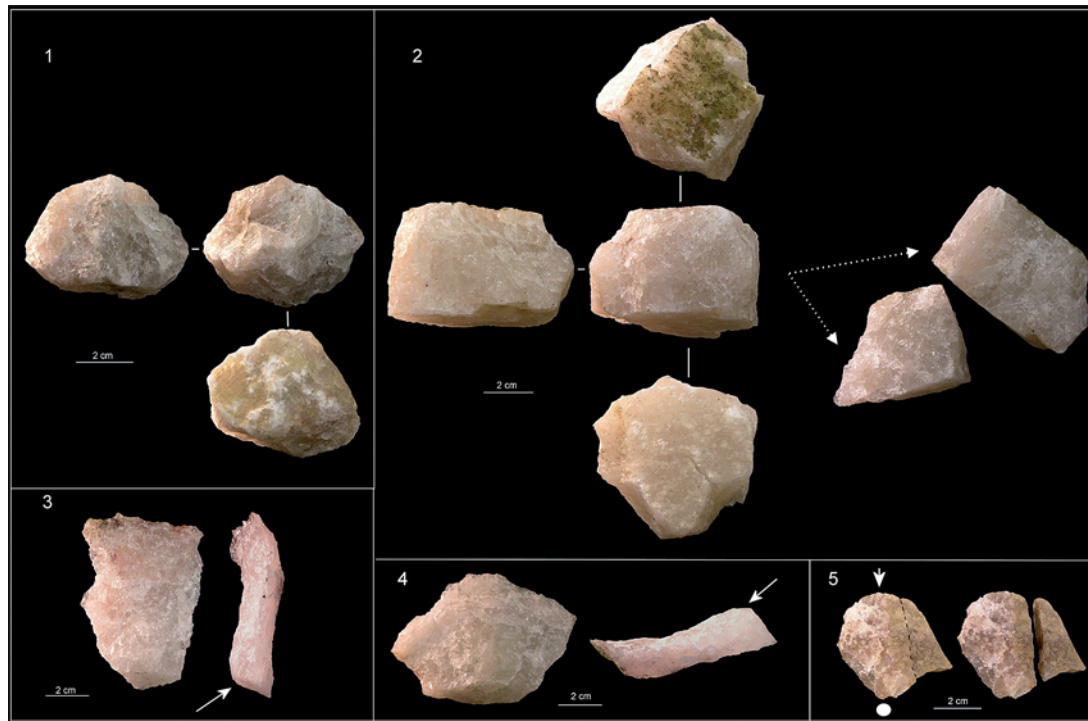


Fig. 6. Núcleos bipolares: 1. B3a, tipo R3, con estigmas de machacado en varias superficies; 2. B6, tipo R1, convertido en dos fragmentos amorfos en su fase final. Lascas a mano alzada: 3 y 4 Rasgos típicos del mecanismo de fractura hertziano: Typical features of hertzian fracture: bulbo, ondas de percusión y terminación distal normal. Lasca bipolar: 5. Fractura longitudinal lateral, vista dorsal.

Las medidas han incluido los siguientes parámetros: longitud axial, anchura proximal, medial y distal, grosor máximo y peso.

2.2.3.2. Variables mecánicas

La mecánica de fractura relacionada con la talla lítica ha sido tratada con profundidad en numerosas publicaciones (BERTOUILLE, 1989; COTTERELL y KAMMINGA, 1987, 1990; DIBBLE y WHITTAKER, 1981; LAWN Y MARSHALL, 1979; SPETH, 1972). El trabajo de COTTERELL y KAMMINGA (1987, 1990) constituye una referencia clave en lo que respecta a la mecánica de la formación de una lasca y los rasgos que definen tanto a las lascas producidas por efecto concooidal como por compresión. Otros estudios se han centrado de forma más específica en la descripción de los rasgos que definen las fuerzas compresivas relacionadas con la talla bipolar (CALLAHAN, 1987; FLENNIKEN, 1981; KOBAYASHI, 1975; JESKE y LURIE, 1993; LEAF, 1979: 30-40; BERMAN *et al.*, 1999; VAN DER DRIFT, 2001). Hemos seleccionado los parámetros técnicos y mecánicos (ver más abajo) que mejor se adecuan a la discriminación de la dinámica de fractura relacionada con los modelos bipolar y a mano alzada (ODELL, 2003). Más allá del tipo de fracturación, la materia prima juega un papel fundamental en el proceso de propagación de ésta. El cuarzo de grano grueso de Naibor Soit es una roca bastante anisotrópica que muestra muchos planos de debilidad. La heterogeneidad del cuarzo hace que la propagación de la fractura sea impredecible e incita a la existencia de una gran variedad de accidentes (MOURRE, 2004). Es posible estudiar la forma en los rasgos petrográficos del cuarzo de Naibor Soit responden

a la mecánica de fractura en las técnicas bipolar y a mano alzada mediante el estudio y catalogación del tipo de fracturas observadas en las lascas.

Se han seleccionado los siguientes rasgos como los más informativos:

- Mecanismo de ruptura. A los modelos clásicos de ruptura (1-3) hemos añadido otros compuestos producidos a lo largo de la talla bipolar axial y no axial (4-6) y relacionados con los rasgos específicos del cuarzo (7): 1. Hertziano; 2. Flexión; 3. Cuña; 4. Cuña/flexión; 5. Cuña/hertziano; 6. Flexión/hertziano; 7. Plano de debilidad.

- Terminación distal. 1. Normal; 2. Reflejada; 3. Roma; 4. Sobrepasada; 5. Axial o plataforma (positivos que presentan plataformas opuestas).

- Bulbo de percusión. 0. Ausente; 1. Difuso; 2. Marcado.

- Ondas de percusión. 0. Ausentes; 1. Una dirección; 2. Dos direcciones opuestas.

- Ángulo interior de la plataforma. 1. Obtuso ($>90^\circ$); 2. Recto (90°); 3. Abrupto ($75-89^\circ$); 4. Semiabrupto ($55-75^\circ$); 5. Simple ($35-55^\circ$).

- Ángulo exterior de la plataforma. 1. Obtuso ($>90^\circ$); 2. Recto (90°); 3. Agudo ($<90^\circ$).

- Estigmas de machacado. Este rasgo ha sido citado repetidamente como un indicador significativo de la talla bipolar (ANDREFSKY, 1998; BRADBURY y CARR, 2004: 75; MORELLO, 2005: 47). Se registro la presencia/ausencia de estos estigmas en las zonas proximal, distal y dorsal de las lascas. La presencia de estigmas de machacado en cualquiera de estas tres superficies no es solo el resultado de una violenta aplicación de fuerza en el

transcurso de la reducción sino, también, de la rotación del núcleo. Teniendo en cuenta la evidencia total de este rasgo en una lasca, hemos identificado los siguientes grupos: 0. Sin estigmas; 1. Estimas en una superficie; 2. En dos; 3. En tres superficies.

- Fracturas. Hemos identificado los siguientes tipos de fractura en las lascas (Fig. 7): 0. Lasca entera; 1. Fractura longitudinal, tipo Siret; 2. Fractura Siret y fractura en la plataforma; 3. Siret y contraplataforma; 4. Siret, plataforma y contraplataforma; 5. Siret y transversal; 6. Plataforma y contraplataforma; 8. Plataforma y contraplataforma; 9. Longitudinal lateral; 10. Transversal; 11. Transversal doble; 12. Laterotransversal; 13. Lasca de contraplataforma.

2.2.3.3 Variables funcionales

Definimos las variables funcionales como aquellos rasgos que describen potencialmente los filos útiles de las lascas (AIRVAUX, 1987: 26). Las tres cualidades que describen el valor funcional y potencial de estos filos son: a) Cantidad de filo por lasca (medida en mm. totales). Esta medida evalúa el perímetro total disponible y potencialmente utilizable en cada lasca; b) Número de segmentos activos (contabilizando los segmentos lateral derecho, la-

teral izquierdo y distal): 0. Sin segmentos activos (o en los casos en los que el ángulo de incisión del filo es superior a los 75°); 1. Un segmento activo; 2. dos; 3. tres; c) Ángulo de los filos. Este valor mide la interacción entre las superficies ventral y dorsal en el borde de la lasca y registra la operatividad potencial de los filos. Hemos tenido en cuenta dos intervalos potenciales: semi-abrupto (55-75°) y agudo (15-55°).

2.2.4. Análisis estadístico

Se han llevado a cabo varios tipos de análisis estadísticos utilizando el programa R. Las pruebas T han sido utilizadas para comparar algunas variables métricas (longitud máxima de las lascas, así como su anchura y grosor en las zonas proximal, medial y distal) de las lascas producidas a través de ambas técnicas de talla. Con anterioridad, se han llevado a cabo pruebas de normalidad para comprobar la consistencia de la muestra. Las pruebas Shapiro-Wilk y Anderson-Darling han sido empleadas antes y después de la transformación de los datos. La curtosis y el sesgo de los datos se han medido utilizando la biblioteca "fBasics" de R. Se ha empleado la biblioteca "nortest" para abordar las pruebas de normalidad. Aquellas variables con una distribución anormal se han transformado utilizando el método Box-Cox. Para tal fin se han empleado las librerías "geoR" y "car". Las variables normales han sido estandarizadas para minimizar el gran rango de datos métricos continuos entre las variables normales y las transformadas. Los valores métricos han sido transformados logarítmicamente antes de la aplicación de los análisis estadísticos para poder utilizar valores relativos y no absolutos, ya que los últimos dependen de las propiedades dimensionales absolutas de las lascas y pueden variar entre experimentos.

Tras la comparación del significado de las distintas propiedades métricas de las lascas en ambos métodos de talla, se abordó un análisis de regresión logística para comprobar en qué medida las variables métricas seleccionadas pueden utilizarse para discriminar los dos modelos de talla. Para ello se ha aplicado un modelo lineal (GLM) seguido de una clasificación de tipo binomial. Para compensar la ausencia inicial de normalidad y linealidad de la muestra utilizada se ha abordado el uso de una prueba de tipo no lineal y no paramétrica, basada en modelos aditivos generales (GAM) con datos binarios. En muchos casos, en los que una o más variables no siguen una relación lineal o cuando no existen criterios claros para determinar si la relación de una muestra es paramétrica o no paramétrica, los modelos aditivos generales permiten obtener la estructura de relaciones sin necesidad de elegir ninguna forma paramétrica determinada. GAM amplía, por tanto, el rango de aplicación de GLM, al introducir homogeneizadores no paramétricos además de algoritmos paramétricos en datos erróneos relacionados con distribuciones binomiales, gamma o Poisson (CRAWLEY, 2007). El grado de homogenización de un modelo se estima como parte de la prueba. Para nuestro análisis hemos

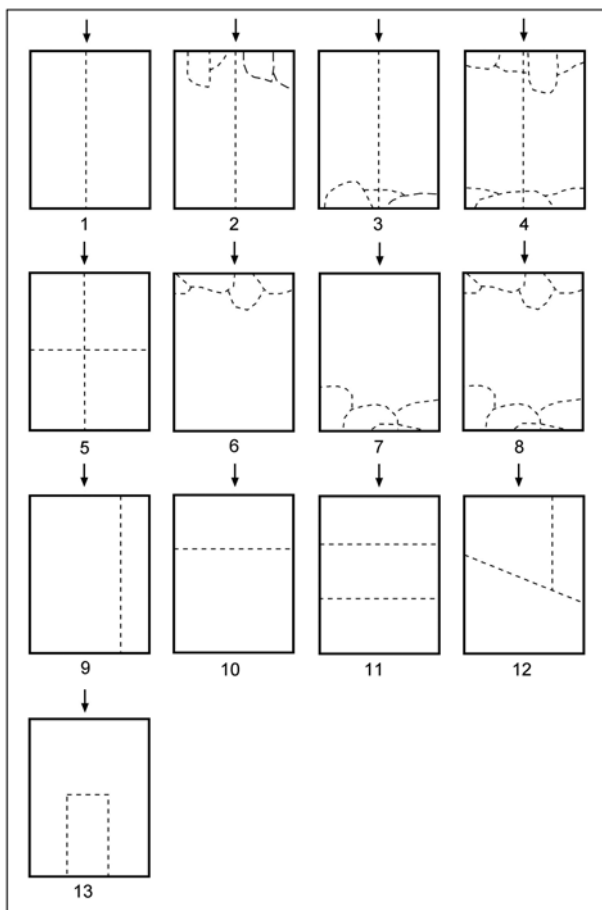


Fig. 7. Representación esquemática de los tipos de fractura reconocidos en nuestro experimento. Las flechas señalan los puntos de impacto.

utilizado la biblioteca “mgcv” porque utiliza un criterio generalizado de validación cruzada en la selección de los parámetros utilizados que corrige un exceso de homogeneización. También se han utilizado las funciones de esta biblioteca de R “gam” y “gam.plot”.

El conjunto de variables categóricas han sido analizadas estadísticamente a través de distintos tipos de análisis de correspondencias. Cada variable mostraba un tipo diferente de contribución a la solución dimensional final del modelo y la subdivisión del factor de cada variable también ha contribuido a la discriminación de las lascas bipolares y a mano alzada. El análisis de los tipos de filas se ha llevado a cabo aplicando un procedimiento ANOVA, en la que se ha aplicado la prueba Welch (que utiliza Snedecor’s F en vez de Fisher’s F). Dado que la muestra original de los ángulos de filo medidos en ambos tipos de lascas es inferior a 100, se aplicó un procedimiento de booststrapping para ampliar la muestra 1000 veces antes de aplicar la prueba seleccionada. Para la comparación entre la cantidad de filo disponible en el perímetro de cada lasca, los valores absolutos han sido transformados logarítmicamente mediante una prueba de correlación.

3. RESULTADOS

Los experimentos llevados a cabo han permitido obtener un total de 108 positivos bipolares (experimento 1) y 101 lascas a mano alzada (Experimento 2). La colección experimental, por tanto, consta de un total de 209 objetos técnicos (52% bipolares y 48% a mano alzada). El resultado de nuestro estudio es el siguiente:

3.1. Rasgos métricos: lascas bipolares gruesas y cortas

La tabla 3 muestra la dimensión media (mm) de los productos obtenidos a partir de las estrategias de reducción bipolar y a mano alzada. La prueba T compara estas variables y muestra diferencias significativas en la longitud axial (p=.000), señalando que las lascas a mano alzada son más largas que las bipolares. También se han observado diferencias relevantes en la variable anchura proximal (p=.000), medial (p=.000) y distal (p=.000), mostrando que las lascas a mano alzada son, en valores absolutos, más

Variable	Mínima		Máxima		Promedio		Desviación típica	
	B	A	B	A	B	A	B	A
Longitud axial	24	23	97	95	45,51	51,22	14,35	12,35
Anch. Proximal	1	2	73	71	21,72	30,29	14,12	12,13
Anch. Medial	14	13	100	82	33,84	40,05	14,27	14,52
Anch. distal	4	7	84	90	32,26	37,16	16,48	18,11
Gros. Proximal	1	1	50	28	11,77	14,12	9,83	5,33
Gros. Medial	5	7	43	34	18,1	16,35	8,34	5,91
Gros. Distal	2	2	52	42	15,06	12,21	10,02	8

Tabla 3: Dimensión media (mm.) de las lascas obtenidas en los experimentos bipolar (B) y a mano alzada (F).

anchas que las bipolares. De acuerdo con las especificidades mecánicas de la ruptura y propagación hertzianas (BERTOUILLE, 1989, COTTERELL y KAMMINGA, 1987), la reducción a mano alzada también produce lascas más gruesas en sus valores absolutos para su zona proximal (p=.000), pero claramente más delgadas en las secciones medial y distal (p=.000). Estas últimas diferencias pueden correlacionarse claramente con las que se han documentado en la terminación distal de ambos métodos (véase más adelante). Las lascas bipolares son fundamentalmente más gruesas en todos los aspectos, tal y como se pone de manifiesto en la relación grosor/anchura, que muestra proporciones similares en la zona proximal de las lascas producidas por ambos métodos, pero que diferente en la zona medial (p=.000). A pesar de ser más delgadas, el hecho de que las lascas a mano alzada sean más largas en términos absolutos, influyen en las significativas diferencias vista en el peso (p=.002) respecto a las bipolares.

Un análisis de regresión logística por pasos (stepwise) ha seleccionado cuatro variables entre todas como las más discriminantes (p=<.05): anchura en las zonas proximal y distal y grosor en las zonas medial y distal (Fig. 8). Sin embargo, el modelo no es completamente válido debido a que clasifica una porción pequeña de la muestra (38%) y porque se basa en una distribución anormal de la mayoría de las variables, tal y como puede verse en los datos atípicos (outliers) de la figura 8. La transformación de variables utilizando el procedimiento de normalización Box Cox (que cumple los requisitos de normalidad que precisan los análisis de regresión logística) no ha sido capaz de producir un modelo contundente dado que todas las variables tienen valores alfa superiores a 0.05. Esto se debe a que la relación entre variables no era lineal, otro requerimiento de los procedimientos de regresión logística, y también a que la normalización modificó los datos atípicos e

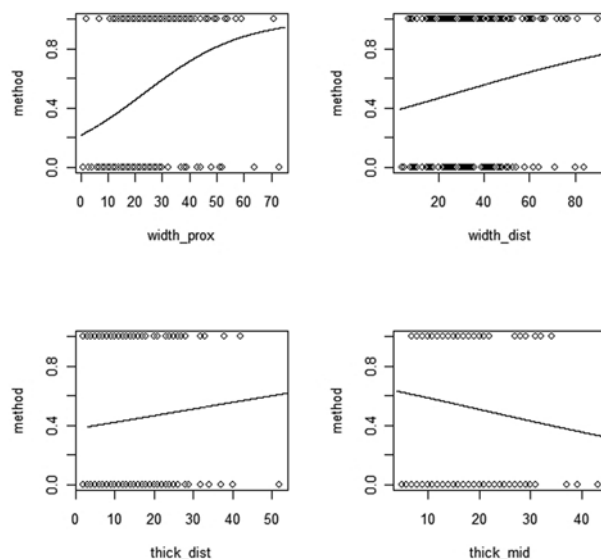


Fig. 8. Gráficas de las principales variables seleccionadas en el análisis de regresión logística utilizando las variables no transformadas como datos de base. Los puntos por debajo de 0 representan los datos de las lascas bipolares y aquellos por encima de 0 los de lascas a mano alzada.

hizo que los rangos de variación de las lascas en ambos métodos se superpusieran aún más, todo ello a pesar de mostrar diferencias en sus valores medios (tal y como quedó de manifiesto en la prueba T).

Un análisis no paramétrico alternativo basado en un Modelo Aditivo General (GAM) ofreció una solución diferente. El análisis seleccionó cuatro variables como la más influyentes (Fig. 9): el grosor en la zona media de la lasca (.006), la longitud (.009), el grosor en la zona distal (.021) y el grosor en la zona proximal (0.37). Así, cuando se contempla una distribución no lineal, el modelo hace especial hincapié en el grosor de la lasca y la longitud como los rasgos discriminantes más destacados, mostrando que las lascas bipolares son relativa y absolutamente más cortas y gruesas en las zonas medial y distal. La anchura distal también aparece como un rasgo discriminante. La talla bipolar tiende a producir lascas ligeramente más anchas en su zona distal que las bipolares, un rasgo que parece aún más visible en las piezas grandes. Este modelo representa una gran parte de la varianza de la muestra y clasifica correctamente el 59% de todas las lascas. El análisis GAM muestra que una variable (la longitud) presentan una clara relación lineal mientras que las otras tres son no lineales (Fig. 9).

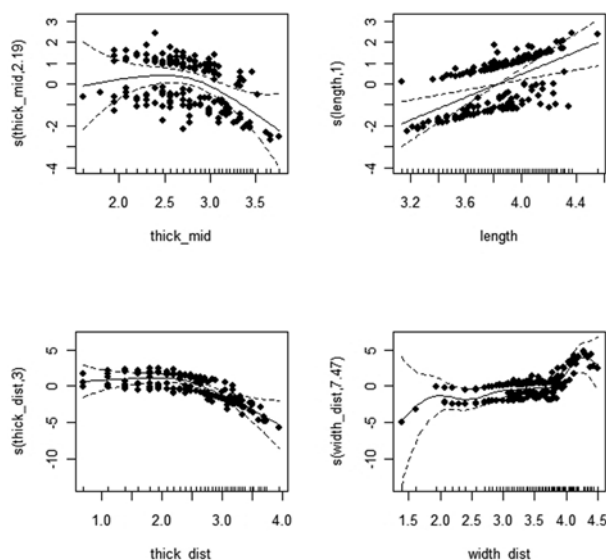


Fig. 9. Análisis no paramétrico GAM (General Additive Model) en el que se muestra la distribución de objetos en cada una de las cuatro variables seleccionadas para explicar la mayor parte de las diferencias métricas entre lascas a mano alzada (cluster superior en cada gráfico), bipolares (cluster inferior) y la relación que se establece entre ambas (lineal y no lineal).

3.2. Rasgos mecánicos: machacado y terminación distal

La figura 10 muestra la contribución porcentual de los diferentes tipos de mecanismos de ruptura observados en ambos métodos de talla. En el caso bipolar, el 93% de las lascas se incluyen en alguna de las variedades de ruptura por cuña. Por el contrario, mientras que una considerable proporción de especímenes a mano alzada han fracturado

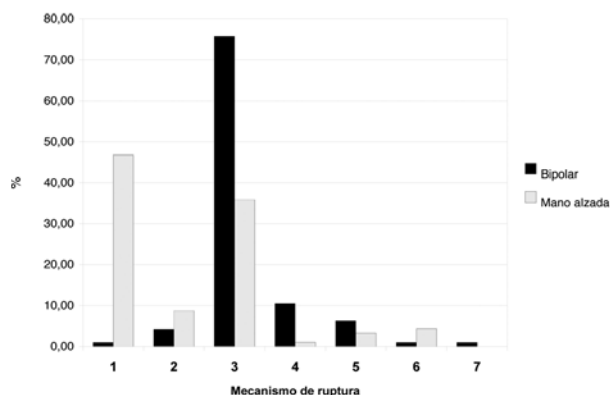


Fig. 10. Distribución porcentual de los mecanismos de fractura clasificados por método de talla. 1. Hertziano; 2. Flexión; 3. Cuña; 4. Cuña/Flexión; 5. Cuña/Hertziano; 6. Flexión/Hertziano; 7. Plano de debilidad.

en cuña, el 47% lo han hecho de forma hertziana. Es evidente que la fractura hertziana aparece muy diferenciada en ambos métodos, dado que casi ninguna lasca obtenida por talla bipolar muestra sus rasgos característicos. La figura 11 muestra la distribución porcentual de los tipos de terminación distal en las lascas bipolares y a mano alzada. Las últimas evidencian de manera predominante una terminación normal, seguida a gran distancia por otros tipos. Las terminaciones distales normal, reflejada y roma explican el 88% de toda la muestra a mano alzada. Por el contrario, los positivos bipolares presentan de forma preferente una terminación axial, al tiempo que el 82% de las lascas que muestran una terminación normal han sido obtenidas mediante un procedimiento no axial. Se ha aplicado una regresión logística con la intención de determinar la relación anchura/grosor en las zonas proximal y distal de los productos obtenidos por ambas técnicas y para buscar las posibles diferencias que pueden utilizarse como

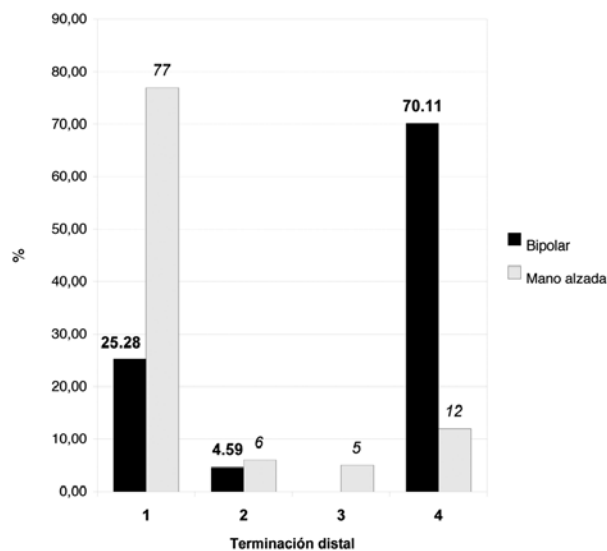


Fig. 11. Contribución porcentual de los tipos de terminación distal por método de talla. 1. Normal; 2. Reflejado; 3. Romo; 4. Sobrepasado; 5. Axial o plataforma.

discriminantes en dicha relación métrica. El resultado muestra que las diferencias no son significativas ($p=.22$). Sin embargo, el 70% de las áreas distales son más gruesas en las lascas bipolares que en las producidas a mano alzada. Esto significa que, mientras que la expansión de la onda hertziana tiende a decrecer en masa hacia la zona distal, la expansión por cuña difiere sustancialmente. Una regresión logística muestra una diferencia significativa entre cada técnica cuando medimos la masa distal de las lascas ($p=.000$).

El cuarzo de Naibor Soit no facilita la formación bulbos de percusión: el 69% de las lascas a mano alzada no muestran este rasgo. Sin embargo, cuando éstos aparecen (31%) no dejan lugar a dudas. El 87% de los positivos bipolares no muestra bulbos en plataforma o contraplataforma. El resto de la muestra está constituido por bulbos muy difusos o ambiguos en su plataforma (6%) o contraplataforma (6%). Solamente un espécimen (1%) muestra un bulbo bien marcado en su contraplataforma. Confirmando las observaciones de CRABTREE (1972: 42), nuestro experimento no ha registrado la presencia de bulbos dobles opuestos. Al igual que los bulbos, las ondas de percusión no suelen formarse en este tipo de cuarzo. Solo el 47% de las lascas a mano alzada exhiben signos inequívocos de las mismas. Los positivos bipolares no presentan ondas, ya sean estas unidireccionales u opuestas. Los estigmas de machacado constituyen un rasgo característico de las lascas bipolares (Fig. 12). El 59% de la muestra bipolar presenta algún tipo de estigma, frente al 4% en las piezas a mano alzada. El machacado en las piezas bipolares se ha reconocido preferentemente en la contraplataforma (43% de la muestra), seguida de la plataforma (22%) y la zona dorsal (19%). En las lascas a mano alzada el machacado se ha observado en las zonas dorsal y distal en un porcentaje similar (2% cada uno). La figura 13 muestra la distribución porcentual del tipo de fracturas en función de la estrategia de reducción. Las lascas completas son mucho

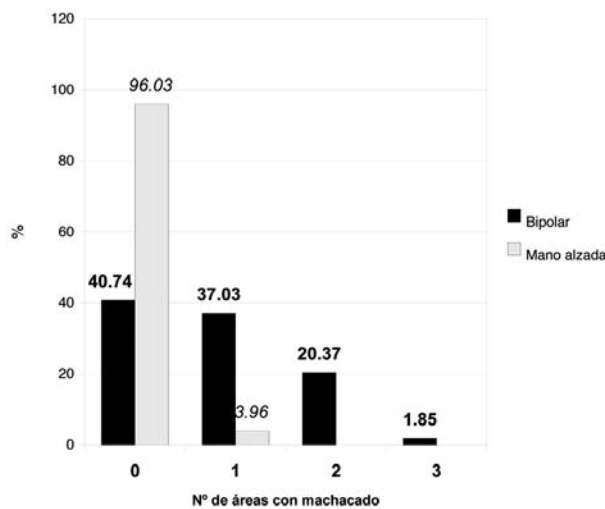


Fig. 12. Contribución porcentual de número de áreas con estigmas de machacado por método de talla. 0. Sin estigmas; 1. Con estigmas en una superficie; 2. En dos; 3. En tres.

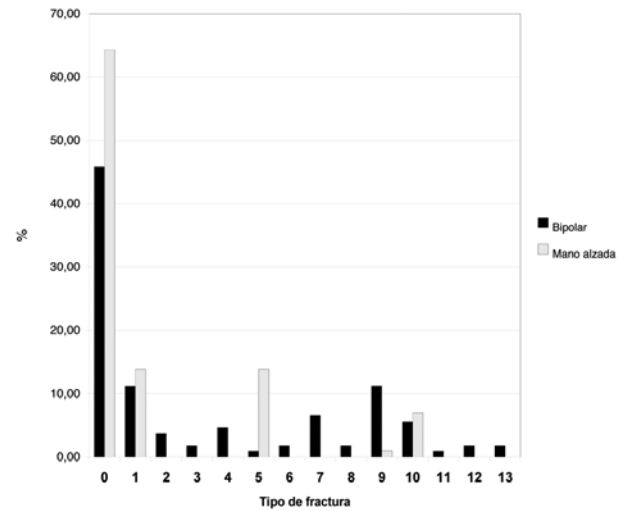


Fig. 13. Distribución porcentual de fracturas en lascas por método de talla. 1. Siret; 2. Siret y plataforma; 3. Siret y contraplataforma; 4. Siret, plataforma y contraplataforma; 5. Siret y transversal; 6. Plataforma; 7. Contraplataforma; 8. Plataforma y contraplataforma; 9. Longitudinal lateral; 10. Transversal; 11. Doble transversal; 12. Lateral y transversal; 13. Lasca de contraplataforma.

más comunes en las piezas a mano alzada (64%) que en las bipolares (46%). Las fracturas a mano alzada suele ser de tipo Siret o Siret/transversales (28%). En los positivos bipolares las fracturas están mucho más diversificadas y, aunque la mayoría exhiben una combinación de fracturas Siret (de lejos el tipo más común en esta técnica) con otros (22%), todos los tipos descritos en este trabajo están presentes en la muestra bipolar (Figs. 5.2, 6.5, 14 y 15).

Hemos llevado a cabo un análisis de correspondencias múltiple con todas las variables mecánicas descritas en el apartado de métodos. Este estudio ha tenido como resultado un modelo bidimensional con un eigenvalue de 0.71 (a partir de 10 variables), que explica una gran parte de la varianza de la muestra (Fig. 16). La primera dimensión (eigenvalue=.47) se caracteriza por las siguientes variables (con una medida discriminante de >0.5): presencia/ausencia de estigmas (.82), machacado en la zona distal (.65), terminación distal (.60) y mecanismo de ruptura (.53). Estas dos variables, que también participan en la primera dimensión, muestran diferentes valores en cada una de las dimensiones de acuerdo con sus factores. Por ejemplo, los estigmas en una zona tienen más peso en la dimensión 2, mientras que la ausencia de machacado o el machacado en las tres áreas son más influyentes en la dimensión 1. Del mismo modo, el mecanismo de ruptura en la dimensión 1 daba más peso al modelo hertziano (positivamente) y cuña/hertziano (negativamente), mientras que la dimensión 2 está caracterizada por pesos positivos en cuña/hertziano, flexión/hertziano y plano de debilidad.

En la distribución resultante de cada factor, las lascas de ambos modelos pueden diferenciarse en función de sus atributos de la siguiente manera (Fig. 16): Las lascas a mano alzada muestran una frecuencia mayor de ausencia de estigmas distales, tipos de fracturas Siret,

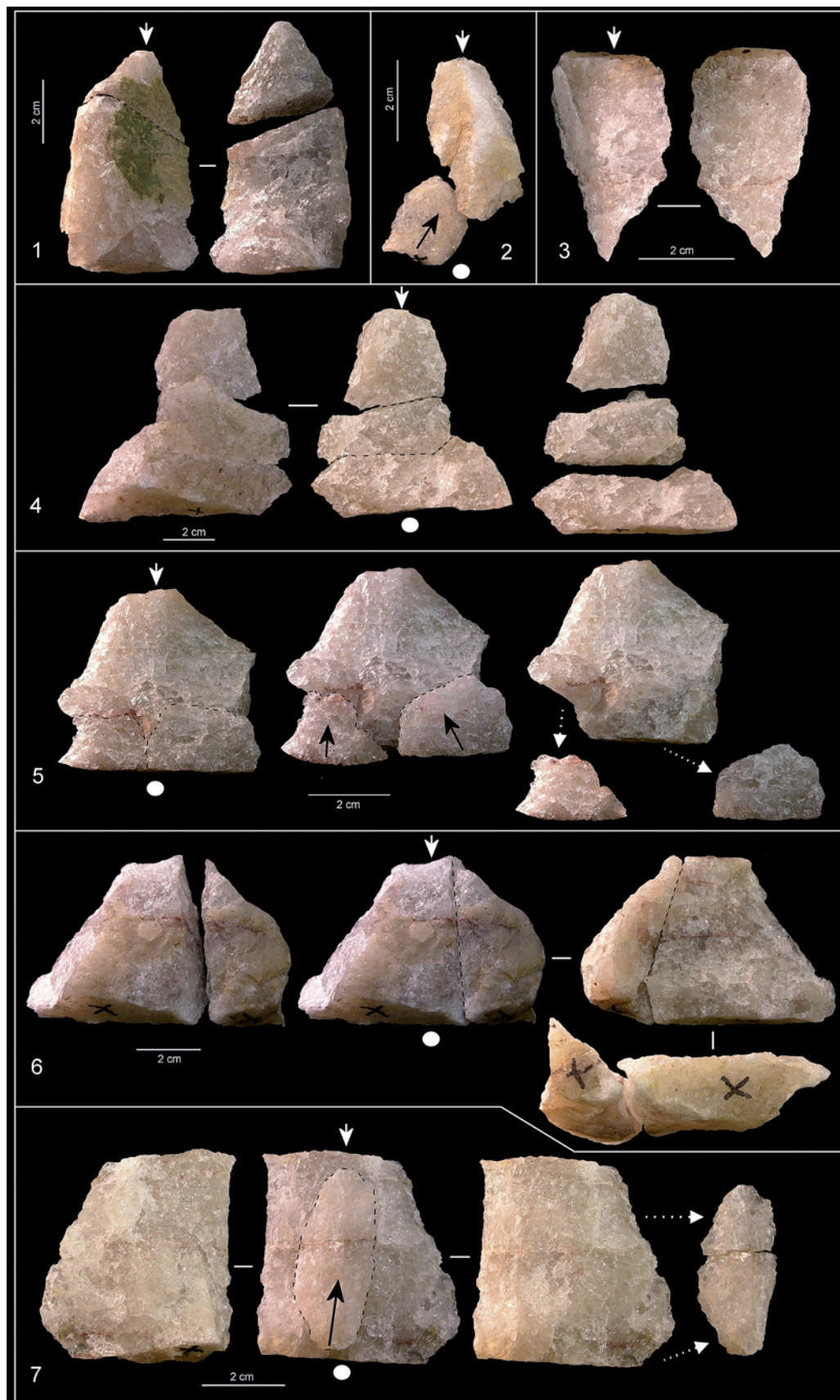


Fig. 14. Lascas bipolares (la flecha indica la plataforma y el círculo la contraplataforma): 1. Fractura transversal (10), vistas dorsal y ventral; 2. Fractura de contraplataforma (7) produce una lasca parásita, machacado en área dorsal; 3. Lasca bipolar no axial con terminación distal normal y apariencia de lasca a mano alzada; 4. Fractura doble transversal (11), vistas dorsal y ventral; 5. Fractura en contraplataforma (7) produce dos lascas parásitas, tres vistas ventrales; 6. Fractura longitudinal tipo Siret (1), vistas dorsal, ventral y desde contraplataforma; 7. Lasca de contraplataforma producida por la talla, vistas dorsal y ventral.

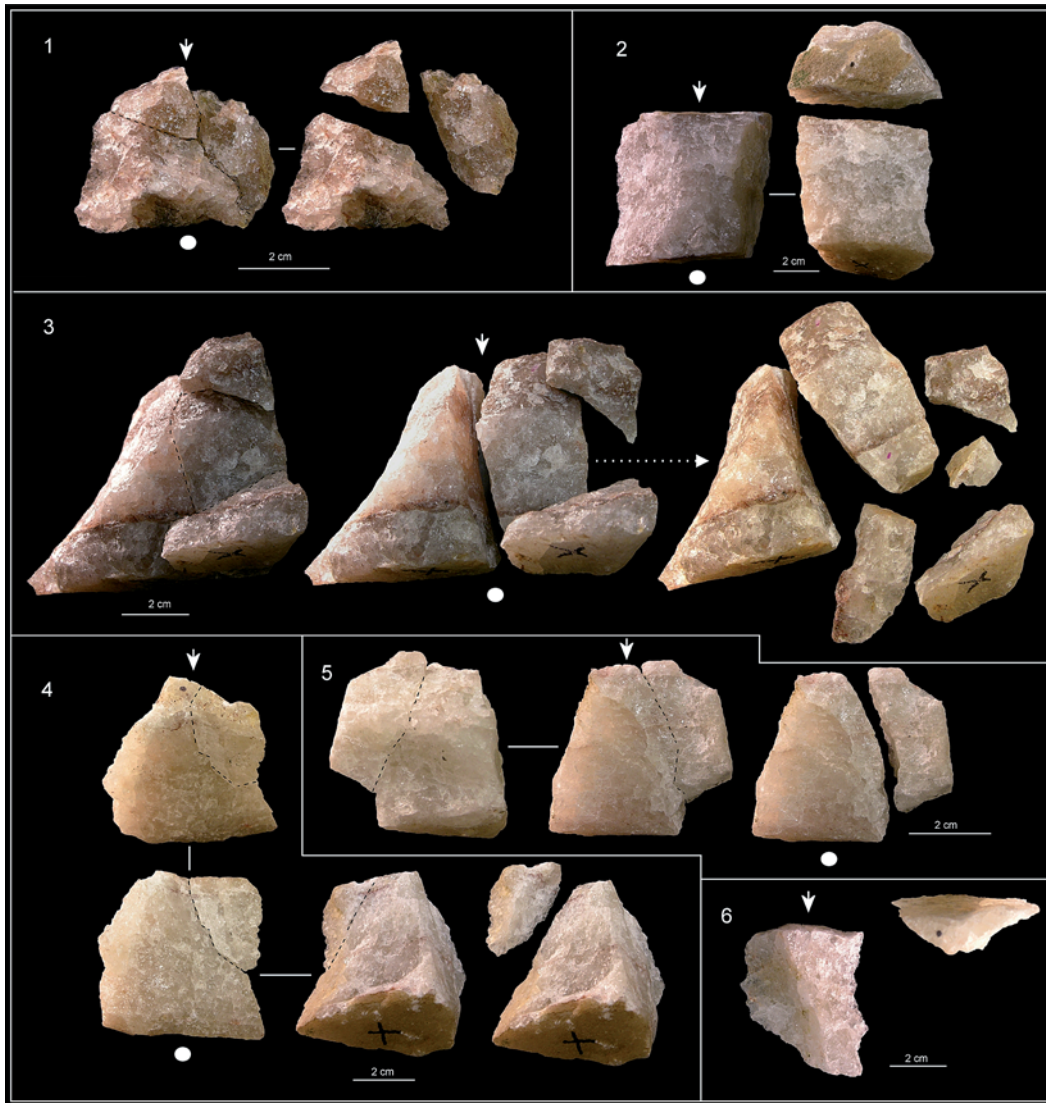


Fig. 15. Lascas bipolares: 1. Fracturas lateral y transversal, vista dorsal; 2. Rasgos típicos en las lascas bipolares: ruptura en cuña y terminación en plataforma, vistas ventral, dorsal y plataforma; 3. Fracturas longitudinal, plataforma y contraplataforma, vistas ventrales y aspecto informe de los fragmentos producidos como resultado del mismo golpe; 4. Fractura longitudinal lateral, vistas plataforma, ventral y dorsal; 5. Fractura longitudinal lateral, vistas dorsal y ventral; 6. Lasca bipolar no axial con terminación normal y apariencia de lasca a mano alzada.

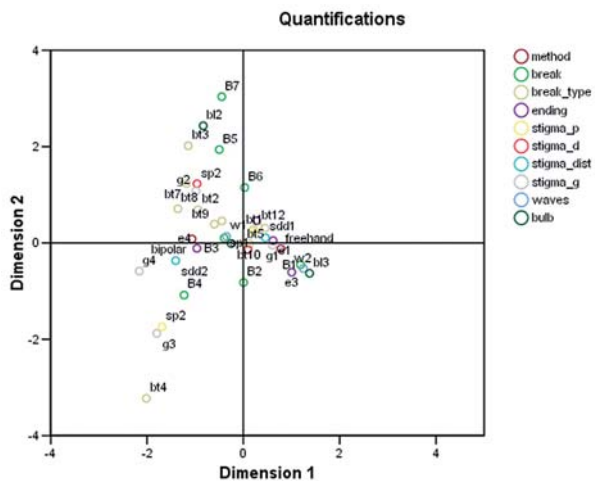


Fig. 16. Distribución de cada clase en diez variables categóricas dentro de un modelo bidimensional derivado de un análisis de correspondencias múltiples: Leyenda: Mecanismo de ruptura [B1, Hertziano; B2, Flexión; B3, Cuña; B4, Cuña/Flexión; B5, Cuña/Hertziano; B6, Flexión/Hertziano; B7, Plano de debilidad], Fracturas [bt1, Siret; bt2, Siret y plataforma; bt3, Siret y contraplataforma; bt4, Siret, plataforma y contraplataforma; bt5, Siret y transversal; bt6, plataforma; bt7, contraplataforma; bt8, plataforma y contraplataforma; bt9, longitudinal lateral; bt10, transversal; bt11, doble transversal; bt12, lateral y transversal; bt13, lasca de contraplataforma], terminación distal [e1, normal; e2, reflejado; e3, romo; e4, sobrepasado, e5, axial], machacado proximal [sp1, ausente; sp2, presente], machacado dorsal [sd1, ausente; sd2, presente], machacado distal [sdd1, ausente; sdd2, presente], machacado general [g1, sin estigmas; g2, estigma en una superficie; g3, estigmas en dos; g4, estigmas en tres], ondas de percusión [w1, ausentes; w2, presentes], bulbo [bl1, ausente; bl2, difuso; bl3, presente].

Siret/transversal, transversal y lateral/transversal, terminaciones distales reflejadas y sobrepasadas. Estas lascas también muestran menos machacado en sus zonas proximales, menos machacado absoluto (al considerar las zonas distal, proximal y dorsal juntas), más abundantes ondas de percusión y bulbos y mecanismos de ruptura hertzianos.

Por el contrario, el mecanismo de ruptura bipolar es preferentemente en cuña, cuña/flexión y, en mucha menor medida, cuña/hertziano y plano de debilidad. Las lascas bipolares también muestran machacado en dos y tres áreas más frecuentemente y más estigmas en sus zonas proximales y distales. Su terminación es preferentemente axial o plataforma. Este tipo de lascas muestra un número mucho más pequeño de ondas y bulbos, mientras que las fracturas más vinculadas a ellas son: Siret/contraplataforma; contraplataforma; plataforma/contraplataforma y longitudinal lateral. La aplicación de estas variables categóricas clasifica correctamente el 69% de la muestra experimental.

3.3. Rasgos morfopotenciales: distintos tipos de fillos

La tabla 4 muestra el número total de fillos producidos por experimento en cada método de reducción (mm.), la masa total (gr.) de los soportes producidos y la cantidad de filo por masa (mm.:gr.). Tras la ampliación estadística de la muestra, la aplicación de la prueba T no mostró diferencias entre ambos métodos ($p=.89$) en lo que respecta a la relación mm.:gr. Al medir la cantidad total de filo por lasca en relación a su dimensión, y tras haber transformado logarítmicamente ambas variables, la aplicación de una prueba de correlación indica que la variable longitud del filo es la única que se relaciona moderadamente con la cantidad de filo (.57), dado que solo una pequeña fracción de la muestra se ve afectada por esta correlación ($R^2=.32$). La figura 17 muestra un análisis de regresión de ambas variables, en el que la línea de regresión muestra una trayectoria más horizontal que la derivada de la aplicación del M-estimator, que minimiza el efecto de los datos atípicos. La presencia de estos datos atípicos en esta ocasión es importante debido a su influencia al determinar que la

Nº Exp.	Filo total (mm.)		Peso total lascas (gr.)		Filo/Peso	
	Bipolar	Mano alzada	Bipolar	Mano alzada	Bipolar	Mano alzada
1	430	464	648	774	,66	,59
2	145	130	308	439	,47	,29
3	198	253	500	280	,39	,90
4	537	208	1325	124	,40	,67
5	342	286	1101	100	,31	2,86
6	100	414	121	565	,82	,73
7	92	79	70	233	1,31	,33
8	132	735	47	807	2,8	,91
9	217	516	394	650	,55	,79
10	-	681	-	768	-	,88

Tabla 4: Filo producido por núcleo, masa total de núcleo y relación filo/masa en cada técnica de talla.

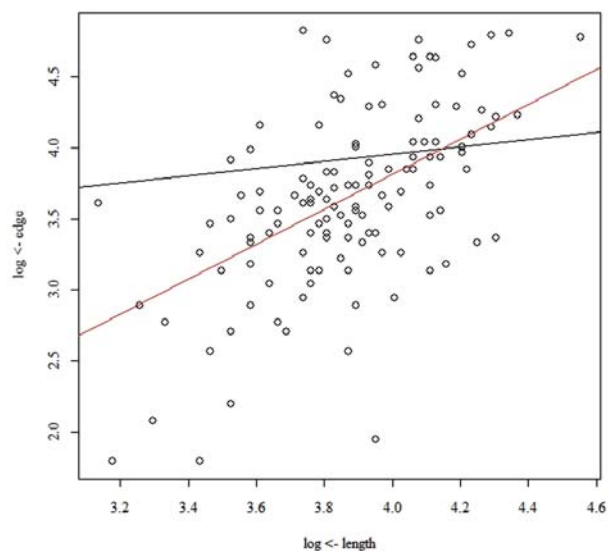


Fig. 17. Análisis de regresión de la longitud y el perímetro del filo (transformado logarítmicamente) en lascas bipolares y a mano alzada. En negro la línea de regresión estándar y en rojo la línea de regresión óptima. La distribución de objetos muestra una correlación débil.

dimensión por sí misma no explica la cantidad de filo generado. Esta situación abre la puerta a la posibilidad de que el tipo de técnica de talla pueda haber tenido una mayor influencia en el tipo total de filo generado, tal y como se muestra cuando se usa un test comparativo de yuen. La cantidad de filo producido por ambas técnicas de talla difiere significativamente ($p=.000$), mostrando que las lascas a mano alzada presentan una mayor cantidad de filo que las bipolares.

La figura 18 muestra el porcentaje de segmentos activos por lasca en función del modelo de talla y pone de manifiesto que la técnica bipolar produce un número más elevado de lascas con fillos inutilizables (sin fillos cortantes o con ángulos de filo $\geq 70^\circ$). Sin embargo, aunque existen diferencias en la frecuencia del número de fillos ($p=.000$) y estas diferencias se relacionan con el factor tipo de lasca

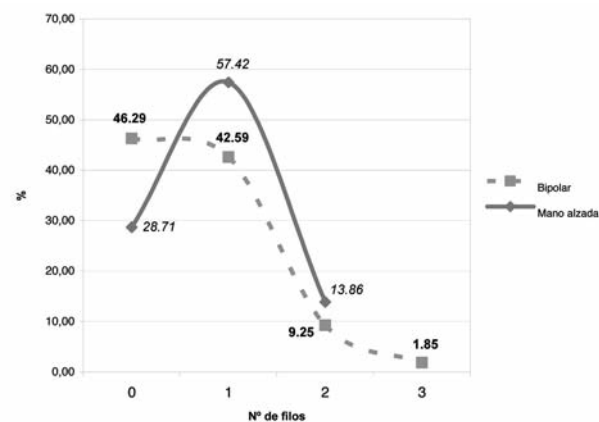


Fig. 18. Contribución porcentual del número de segmentos activos por método de talla. 0. Ninguno (o cuando los fillos muestran un ángulo superior a 75°); 1. Un segmento; 2. Dos segmentos; 3. Tres segmentos.

(Snedecor's $F >$ valor crítico), no se aprecian diferencias estadísticas significativas entre ambas técnicas ($p = .90$) cuando tenemos en cuenta simultáneamente el número total de filos.

Finalmente, la figura 19 muestra la contribución porcentual de los ángulos de los filos por modelo de reducción. Con una intención meramente ilustrativa, las lascas se distribuyen en tres grupos de ángulos ($15-35^\circ$, $35-55^\circ$ y $55-75^\circ$) aunque para el análisis estadístico solo hemos tenido en cuenta dos grupos: semiabrupto ($55-75^\circ$) y agudo ($15-55^\circ$). La distribución porcentual de los ángulos de los filos revela que los de tipo semiabrupto son más abundantes en las lascas bipolares (48%, frente a 13% en mano alzada). Los ángulos agudos, por su parte, son ligeramente más abundantes en las lascas a mano alzada (87% frente a 66%). A pesar de la pequeña dimensión de la muestra, la aplicación de la prueba Welch ha puesto de manifiesto que las diferencias en la representación de los ángulos varía en los dos tipos de ángulos ($p = .000$) y que esta variabilidad se relacionaba con la interacción del factor tipo de lasca (Snedecor's $F >$ valor crítico), mostrando diferencias significativas entre ambas técnicas ($p = .000$).

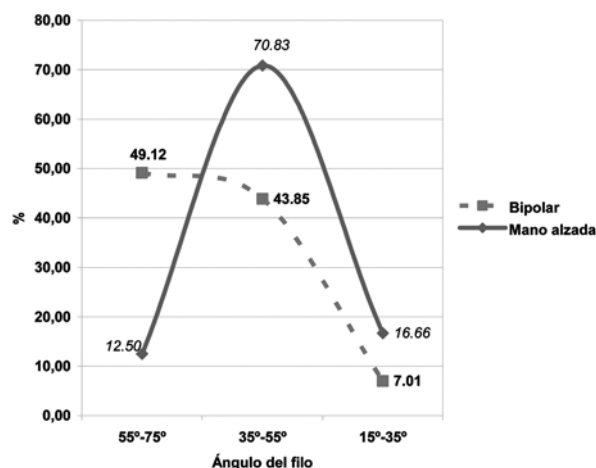


Fig. 19. Contribución porcentual de los ángulos en los filos por método de talla.

4. DISCUSIÓN

La investigación arqueológica recientemente acometida en varios yacimientos de los Lechos I y II en la Garganta de Olduvai ha puesto de manifiesto que la talla bipolar constituye una estrategia fundamental, habitualmente utilizada por los homínidos en su explotación del cuarzo local de Naibor Soit (DIEZ MARTÍN *et al.*, 2009a, 2010). Este trabajo construye un marco interpretativo destinado a comprender con más profundidad el papel jugado por la talla bipolar en el contexto de los comportamientos tecnológicos manifestados por los homínidos en la Garganta de Olduvai. Este objetivo incluye dos partes diferentes pero también complementarias. La primera de ellas trata de dilucidar cuáles son los rasgos más eficaces y consistentes estadísticamente que pueden servir al analista lítico en la identificación de signos de talla bipolar en

las lascas producidas con el cuarzo de Naibor Soit. La segunda pretende obtener una información más completa de las razones que pudieron haber animado a los homínidos a mostrar dos soluciones técnicas distintas (bipolar y a mano alzada) para su tratamiento económico del cuarzo tabular de la Cuenca de Olduvai.

Hay una gran cantidad de tipos de cuarzo macrocristalinos y filonianos que suponen un verdadero reto para el tecnólogo (BISSON, 1990; DIEZ MARTÍN *et al.*, 2009b; KIMURA, 2002: 298), tal y como señalan KOTERELL y CAMMINGA (1987: 704) al afirmar que: "el mecanismo responsable de la formación de la lasca no es siempre evidente". La mayor parte de las dificultades e incertidumbres relacionadas con la interpretación antrópica de este mineral en contextos arqueológicos se debe a su naturaleza cristalográfica y petrográfica y a su compleja respuesta a la fracturación. Especialmente en las variedades con abundantes líneas de debilidad y fisuras, la ruptura suele producirse de forma no intencionada, generando una gran cantidad de accidentes y fracturas impredecibles durante el proceso de talla que, por tanto, dan lugar a una gran cantidad de restos de talla informes e indeterminados (Figs. 5, 6, 14, 15). Otros autores han alertado de la gran incidencia de las fracturas tipo Siret en las lascas de cuarzo (MOURRE, 1994: 18). En concordancia con el trabajo de JONES (1994: 256), el nuestro ha confirmado la gran importancia de la fracturación longitudinal en las lascas producidas con cuarzo de Naibor Soit y la gran cantidad de pérdida de masa durante el proceso de reducción del cuarzo (en la talla bipolar, un promedio del 41% del bloque original acaba constituido por fragmentos informes, mientras que esta cifra desciende al 21% en el caso de la reducción a mano alzada). La respuesta anisotrópica del cuarzo a la propagación de la fuerza puede enmascarar algunos rasgos convencionales de la fracturación hertziana (MOURRE, 1994: 24). En nuestro experimento, mientras el 31% de las lascas a mano alzada muestran rasgos inequívocos de fracturación hertziana (a través de la presencia de bulbos y ondas de percusión en la cara ventral) (Figs. 6.3. y 6.4.) y el 16% de uno de estos dos rasgos, un 53% no presenta ninguna evidencia de ella. Sin embargo, estas observaciones no apoyan en absoluto la afirmación de otros autores (KIMURA, 1999: 814), según la cual los cuarzoes de Naibor Soit no producen rasgos típicos de fracturación hertziana.

Cuando las propiedades mecánicas del cuarzo se combinan con el escaso control de la talla propio de la gestión bipolar (BERTOUILLE, 1989: 43-44; SHOTT, 1989), las dificultades en la identificación de esta técnica se acentúan de forma significativa. La mayor parte de los restos no diagnósticos de la talla bipolar (fragmentos informes, restos de talla y restos de núcleos) pueden ser de escasa ayuda a la hora de identificar la presencia de este método en un yacimiento dado (Fig. 15.3). Solo podemos sugerir un contexto con significado para estos objetos (muy abundantes en las colecciones de cuarzo y/o talla bipolar – CURTONI, 1994: 53) si somos capaces de reconocer el componente diagnóstico de la reducción sobre yunque.

Las lascas bipolares diagnósticas suelen presentar rasgos suficientemente reconocibles. En el caso del cuarzo tabular de Olduvai nuestro estudio ha comportado una conclusión interesante: las variables discriminantes con mayor significado estadístico están constituidas por la presencia o ausencia de estigmas de percusión en cualquier superficie de la lasca y la terminación distal. Las huellas de machacado han sido citadas repetidamente en la literatura sobre talla bipolar (BRADBURY y CARR, 2004: 75; JESKE, 1992: 472; MAGNE, 1985: 100) y nuestro experimento muestra que este rasgo está bien representado en un alto porcentaje de los positivos bipolares y que es el que más peso estadístico tiene. En contra de lo observado por otros autores (MORRISON, 1990: 114), estamos de acuerdo con las conclusiones de MAGNE (1985), según las cuales estos estigmas son indicadores válidos de la técnica bipolar (Figs. 14.2, 15.4). Por otro lado, al contrario de lo que han sugerido otros autores (véase SHOTT, 1989: 2), la conservación de parte de la contraplataforma es un atributo de primera magnitud en los positivos de cuarzo explotados de forma axial (Figs. 14.4, 14.6, 15.2, 15.4). La talla bipolar puede producir una escasa cantidad de terminaciones distales normales pero, tal y como podría esperarse, éstas son el resultado de impactos oblicuos o no axiales (Figs. 14.3, 15.6). En nuestro experimento hemos observado que el tallador puede seleccionar intuitivamente esta estrategia para reorganizar los volúmenes del núcleo y preparar nuevas series de talla pero, dada la morfología tabular de esta materia prima, éste tiende a seleccionar una reducción axial. Estas observaciones experimentales están en consonancia con los datos arqueológicos. Nuestro análisis lítico de colecciones procedentes de yacimientos del Lecho I y II de Olduvai confirman que tanto los estigmas de machacado como las terminaciones distales de tipo axial/plataforma son muy abundantes (DIEZ MARTÍN *et al.*, 2009a: 281, 283) y que, por tanto, son buenos indicadores de la talla bipolar en contextos en los que, como ocurre en la Garganta de Olduvai, la reducción del cuarzo ha tenido como resultado una gran cantidad de material no diagnóstico e informe.

Para comprobar la validez analítica de estas afirmaciones, hemos llevado a cabo una prueba ciega utilizando nuestras colecciones experimentales. Tal y como hemos mencionado con anterioridad, los atributos bipolares y a mano alzada pueden solaparse en cierta medida (algunos objetos pueden tener la misma apariencia, lo que confirma que una identificación precisa de ambas técnicas es completamente inviable) y, por tanto, el reconocimiento de cada método puede ser confuso. Otros autores han abordado este problema con anterioridad mediante estudios destinados a evaluar el grado de precisión existente a la hora de identificar la talla bipolar y a mano alzada en un conjunto dado (JESKE y LURIE, 1993). De cada muestra experimental hemos seleccionado lascas con morfología ambigua (aquellas que mostraban rasgos equívocos y que, por tanto, podrían confundirse con el modelo de talla alternativo): el 18% de los positivos bipolares y el 10% de las lascas a mano alzada. Con posterioridad pedimos a un tecnólogo con experiencia que agrupara estos materiales

en dos grupos (bipolar y a mano alzada) de acuerdo a los rasgos mecánicos mencionados en este artículo, particularmente los más representativos: presencia/ausencia de estigmas de machacado y terminación distal. La prueba ciega tuvo como resultado la correcta clasificación del 77% de la muestra.

La segunda conclusión de este estudio está relacionada con el significado de la reducción bipolar. En la Garganta de Olduvai, a diferencia de otros yacimientos de la ESA (LUDWIG Y HARRIS, 1998), las limitaciones impuestas por la materia prima no pueden explicar por sí mismos y de forma exclusiva la utilización de esta técnica. Aquí, ciertamente, los homínidos tuvieron acceso a una cierta variedad de litologías, con diferentes texturas y aptitudes para la talla (JONES, 1994; KYARA, 1999). Los homínidos conocían estas propiedades y utilizaron estas rocas de forma diferente y complementaria (KIMURA, 1999: 809; LEAKEY, 1971). El caso del cuarzo, disponible en momentos del Lecho I y II, es particularmente interesante. La mayor parte de autores reconocen una utilización claramente expeditiva de este tipo de materia prima en el grueso de yacimientos de la ESA (BLUMENSCHINE *et al.*, 2008; POTTS, 1988). Los nódulos de cuarzo están relacionados con actividades de percusión y producción de lascas, a pesar de que la mayor parte de éstas no muestran señales de retoque o mantenimiento de sus filos (KIMURA, 2002: 311; DE LA TORRE y MORA, 2005). Aunque este tipo de roca se caracteriza por un alto grado de gasto de materia prima, accidentes de talla y escaso control de la gestión, parece que los homínidos debieron hallar cierto equilibrio provechoso entre ventajas e inconvenientes que les permitió utilizar recurrentemente esta roca a lo largo del tiempo (LEAKEY, 1971, 1994). Entre estas ventajas, la disponibilidad inmediata pudo jugar un papel importante (POTTS, 1988). Aunque la mayor parte de estudios tienden a señalar al inselberg de Naibor Soit como la fuente primaria de cuarzo en la Cuenca (HAY, 1976; FLÉBOT-AUGUSTINS, 1997), es muy probable que este material también estuviera disponible en los canales fluviales, tal y como sugieren los formatos redondeados de algunos objetos de cuarzo (DIEZ MARTÍN *et al.*, 2009a), o en otras fuentes secundarias y/o primarias. Sin embargo, la fuerza del filo (el cuarzo tiene un valor de 7 en la escala de Moh) y su durabilidad parecen constituir una de las explicaciones más plausibles para justificar el interés de los homínidos por esta roca (JONES, 1994: 257; TACTIKOS, 2005: 130). A pesar de que existen algunas voces que han sugerido que el cuarzo sería particularmente ventajoso para la talla bipolar (BREUIL, 1954: 11), nuestro análisis de las nuevas colecciones recuperadas en FLK Norte (Lecho I) y BK (Lecho II superior) han puesto de manifiesto que los homínidos, cuando manipulaban los cuarzos de Naibor Soit, hicieron uso de ambas técnicas de talla (DIEZ MARTÍN *et al.*, 2009a, 2010). Si los homínidos fueron capaces de superar las limitaciones del cuarzo y producir de forma exitosa lascas a través de la talla a mano alzada, ¿Por qué diversificaron entonces sus comportamientos técnicos a través del uso de una técnica alternativa como la bipolar? Los registros arqueológicos y etnográficos están llenos de

ejemplos que muestran que la talla bipolar se utilizaba como una alternativa a la talla a mano alzada y no, como ocurre aquí, como un complemento, sobre todo en aquellas instancias en las que la talla bipolar no puede acometerse con éxito debido a las limitaciones impuestas por la dimensión o la calidad de las materias primas (BREUIL y LANTIER, 1951). En Olduvai no solo hemos observado que las dos técnicas se solapan en el mismo lugar, sino que hemos podido documentar la existencia de una suerte de transferencia técnica entre ambas, por ejemplo, en el caso de núcleos que muestran signos evidentes de series de extracciones producidas mediante los dos modelos de talla (DIEZ MARTÍN *et al.*, 2010). La funcionalidad de los objetos bipolares queda oscurecida por la gran cantidad de posibles explicaciones que se han propuesto [véase SHOTT (1999) para una discusión en profundidad sobre este tema]. Nuestro estudio muestra que no pueden observarse diferencias significativas estadísticamente entre ambas técnicas ni en la relación filo total/masa ni en el número de segmentos activos por lasca. Sin embargo, confirmando nuestras observaciones arqueológicas (DIEZ MARTÍN *et al.*, 2009a: 284), el presente estudio pone de manifiesto que la talla a mano alzada produce una mayor longitud de filo (un promedio de 377 mm por núcleo), al tiempo que la talla bipolar produce un 35% menos de segmentos utilizables que la reducción a mano alzada (promedio de 244 mm por núcleo). Aunque podemos plantearnos las razones que llevaron a los homínidos a poner en marcha distintas estrategias de reducción del cuarzo si la talla a mano alzada, al menos en apariencia, es más eficaz para la obtención de los filos deseados, debemos tener presente también que las diferencias entre ambas técnicas no son acusadas. En un contexto en el que las fuentes de cuarzo parecen haber sido abundantes y fácilmente disponibles para la talla (POTTS, 1988), ambas soluciones técnicas pudieron haber sido igualmente favorecidas. Nuestro análisis, por otra parte, señala que la única posible ventaja de la talla bipolar debía estar relacionada con las cualidades del filo producido. Ciertamente, hemos observado que la talla bipolar produce preferentemente filos semiabruptos (55-75°). El ángulo del filo pudo haber constituido un rasgo funcional de relevancia, dado que diferentes ángulos pueden interactuar de forma distinta en el procesamiento de los distintos tejidos ¿Significa esto que la reducción bipolar fue preferida en aquellas actividades en las que era preciso un filo más abrupto? Actualmente estamos llevando a cabo un estudio experimental dirigido a la investigación de este punto. En todo caso, las nuevas investigaciones sobre el tratamiento antropológico del cuarzo en la Cuenca de Olduvai pueden arrojar nueva luz sobre la dicotomía bipolar/mano alzada a la hora de ampliar nuestro conocimiento sobre la relación tecnológica existente en contextos olduvayenses y achelenses y de proponer nuevas hipótesis explicativas sobre el dilema olduvayense evolucionado/achelense.

Esta dicotomía, si realmente existió para los homínidos que habitaron la Cuenca de Olduvai, tiene que ver con variables tecnológicas, económicas, espaciales y funcionales. Es posible profundizar nuestra comprensión de

estas variables, tal y como pone de manifiesto el presente estudio, al utilizar modelos referenciales de carácter explicativo mediante programas experimentales.

5. CONCLUSIONES

El presente estudio constituye la primera réplica experimental destinada a discernir cuáles son las diferencias tecnológicas y funcionales más significativas entre las técnicas bipolar y a mano alzada cuando ambas se aplican al cuarzo de Naibor Soit. Nuestro experimento ha incluido la reducción de bloques recogidos en las faldas del inselberg a través de la técnica a mano alzada y bipolar (en sus dos variantes, axial y no axial). Los resultados del presente estudio apoyan las siguientes conclusiones:

- El cuarzo de Naibor Soit es un tipo de roca heterogénea de grano grueso que muestra algunas limitaciones para la talla: una alta incidencia de accidentes de talla (particularmente fracturaciones longitudinales en el eje de golpeo), mecanismos de ruptura de difícil control y productos poco diagnósticos que no muestran signos evidentes de talla intencional. Aunque las fracturas longitudinales son comunes en ambas técnicas, la talla bipolar tiende a producir una mayor variedad de las mismas. Muchos de estos fragmentos de lasca, junto a otros objetos no diagnósticos, no pueden ser estudiados de una forma convencional.

- La talla a mano alzada produce lascas más largas y anchas que las bipolares. La ruptura hertziana es la más abundante, aunque es cierto que la talla a mano alzada también incluye abundantes ejemplos en los que el mecanismo de ruptura es por cuña. El 47% de las lascas a mano alzada muestra rasgos incuestionables de iniciación hertziana (bulbo y ondas de percusión), al tiempo que dominan las terminaciones distales normales.

- La talla bipolar produce lascas más cortas y gruesas, especialmente en sus extremos distales. Se caracteriza por una ruptura en cuña y no permite conservar rasgos de iniciación hertziana (los escasos bulbos reconocidos son discutibles). Aunque pueden producirse terminaciones normales, sobre todo en los casos en los que el golpeo es de tipo no axial, la lasca bipolar presenta una zona distal de tipo claramente axial. Esto es, existe una clara tendencia a conservar áreas de la plataforma y contraplataforma en los productos. Es muy común la presencia de estigmas de machacado en las plataformas de las lascas o en su área dorsal (consecuencia de la rotación del núcleo).

- Los análisis estadísticos muestran que los rasgos discriminantes más significativos para diferenciar la talla a mano alzada de la bipolar son la presencia/ausencia de estigmas y la terminación distal. La combinación de estos y otros rasgos puede constituir un indicador de confianza para reconocer ambas técnicas.

- Las lascas a mano alzada y las bipolares no pueden diferenciarse en virtud de la relación filo total/masa o del número total de segmentos activos por lasca. Sin em-

bargo, las lascas a mano alzada producen más longitud de filo útil (mm) por lasca y por núcleo explotado. Cuando observamos las características del filo, las diferencias más significativas se encuentran en su cualidad. Las lascas bipolares se caracterizan por generar ángulos semiabruptos en sus filos (55-75°).

6. BIBLIOGRAFÍA

- AIRVAUX, J.
1987 Les potentialités morphologiques. En E. Carbonell, M. Guilbaud y R. Mora (eds.): *Sistemas d'anàlisi en Prehistòria*. CRPES, Gerona, 17-64.
- AMICK, D. y MAULDIN, R. P.
1997 Effects of raw material on flake breakage patterns. *Lithic Technology* 22, 18-32.
- ANDREFSKY, W.
1998 *Lithics. Macroscopic approaches to analysis*. Cambridge University Press, Cambridge.
- BAQUEIRO, S.
2007 La tecnología lítica del cuarzo: la talla bipolar sobre yunque como herramienta interpretativa. En M. L. Ramos Sáinz, J. E. González Urquijo y J. Baena Preysler (eds): *Arqueología experimental en la Península ibérica*. Santander, 149-156.
- BARHAM, L. S.,
1987 The bipolar technique in Southern Africa: a replication experiment. *South African Archaeological Bulletin* 42: 45-50.
- BERTOUILLE, H.
1989 *Théories physiques et mathématiques de la taille des outils préhistoriques*. Cahiers du Quaternaire 15. Éditions du CNRS, Paris.
- BEAUME, S.A.
2004 The invention of technology. *Current Anthropology* 45, 139-161.
- BERMAN, M. J.; SIEVERT, A. K. y WHYTE, T. R.
1999 Form and function of bipolar lithic artefacts from the Three Dog site, San Salvador, Bahamas. *Latin American Antiquity* 10, 415-432.
- BINFORD, L.R. y QUIMBY, G.I.
1963 Indian sites and chipped stone materials in the Northern Lake Michigan area. *Fieldiana Anthropology* 36, 277-307.
- BISSON, M. S.
1990 Lithic reduction sequences as an aid to the analysis of Later Stone Age quartz assemblages from the Luano Spring, Chingola, Zambia. *African Archaeological Review* 8, 103-138.
- BLUMENSCHINE, R. J.; MASAO, F. T.; TACTIKOS, J. C. y EBERT, J. I.
2008 Effects of distance from stone source on landscape-scale variation in Olduvai artefact assemblages in the Paleo-Olduvai Basin, Tanzania. *Journal of Archaeological Science* 35, 76-86.
- BOESCH, C.; MARCHESI, P.; MARCHESI, N.; FRUTH, B. y JOURNALIAN, F.
1994 Is nut cracking in wild chimpanzees a cultural behaviour? *Journal of Human Evolution* 26, 325-338.
- BRADBURY, A. P. y CARR, P. J.
2004 Combining aggregate and individual methods of flake debris analysis: aggregate trend analysis. *North American Archaeologist* 25, 65-90.
- BRAUN, D. R.; PLUMMER, T. W.; DITCHFIELD, P. W.; BISHOP, L. C. y FERRARO, J. V.
2009 Oldowan technology and raw material variability at Kanjera South. En E. Hovers y D. R. Braun (eds.): *Interdisciplinary approaches to the Oldowan*. Springer, Nueva York, 99-110.
- BREUIL, H.
1954 Prolégomènes à une classification préhistorique. *Bulletin de la Société Préhistorique Française* 51, 7-15.
- BREUIL, H. y LANTIER, R.
1951 *Les hommes de la Pierre ancienne (Paléolithique et Mésolithique)*. Payot, Paris.
- BRINK, J.
1992 Anvil boulders and lithic reduction on Southern Victoria Island, Northwest Territories. *Arctic* 45, 138-144.
- CALLAHAN, E.
1987 *An evaluation of the lithic technology in Middle Sweden during the Mesolithic and Neolithic*. Societas Archaeologica Upsaliensis, Upsala.
- CARVALHO, S. y MCGREW, W.
2012 The origins of the Oldowan: why chimpanzees (Pan troglodytes) still are good models for technological evolution in Africa. En M. Domínguez-Rodrigo (ed.): *Stone tools and fossil bones. Debates in the archaeology of human origins*. Cambridge University Press, Cambridge, 201-221.
- COTTERELL, B. y KAMMINGA, J.,
1987 The formation of flakes. *American Antiquity* 52, 675-708.
1990 *Mechanics of pre-industrial technology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- CRABTREE, D. E.
1972 *An introduction to flintworking*. Idaho State University Museum Occasional Papers 28. Pocatello.
- CRAWLEY, M.J.
2007 *The R book*. Wiley, West Sussex.

- CROVETTO, C.; FERRARI, M.; PERETTO, C. y VIANELLO, F.
1994 Le industrie litiche. La sperimentazione litica. En C. Peretto (ed.): *Le industrie litiche del giacimento paleolitico di Isernia la Pineta*. Cosmo Iannone, Isernia, 119-181.
- CURTONI, R. P.
1996 Experimentando con bipolares: indicadores e implicaciones arqueológicas. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 21, 187-214.
- CURTONI, R.
1999 *Aprovisionamiento de material prima y técnica de reducción bipolar en un ambiente semidesértico*. Actas III Jornadas de Arqueología de la Patagonia, Buenos Aires, 165-176.
- DELAGNES, A. y ROCHE, H.
2005 Late Pliocene hominid knapping skills: The case of Lokalei 2C, West Turkana, Kenya. *Journal of Human Evolution* 48, 435-472.
- DIBBLE, H. y WHITTAKER, J.
1981 New experimental evidence on the relation between percussion flaking and flake variation. *Journal of Archaeological Science* 6, 283-296.
- DIEZ MARTÍN, F.; SÁNCHEZ YUSTOS, P.; DOMÍNGUEZ-RODRIGO, M.; MABULLA, A. Z. P. y BARBA, R.
2009a Where Olduvai hominins making butchering tools or battering tools? Analysis of a recently excavated lithic assemblage from BK (Bed II, Olduvai Gorge, Tanzania). *Journal of Anthropological Archaeology* 28, 274-289.
- DIEZ MARTÍN, F.; DOMÍNGUEZ-RODRIGO, M.; SÁNCHEZ YUSTOS, P.; MABULLA, A.; TARRIÑO, A.; BARBA, R.; PRENDERGAST, M. y LUQUE, L.
2009b The MSA/LSA technological transition in East Africa. New data from Mumba rockshelter Bed V and their implications in the origin of modern human behaviour. *Journal of African Archaeology* 7, 147-173.
- DIEZ MARTIN, F.; SANCHEZ YUSTOS, P.; DOMÍNGUEZ-RODRIGO, M.; MABULLA, A.; BUNN, H. T.; BARBA, R. y BAQUEDANO, E.
2010 New insights into hominin lithic activities at FLK North Bed I (Olduvai Gorge, Tanzania). *Quaternary Research* 74, 376-387.
- DOMÍNGUEZ-RODRIGO, M.
2008 Conceptual premises in experimental design and their bearing on the use of analogy: an example from experiments on cut marks". *World Archaeology* 40, 67-82.
- DRIFT, J. W. VAN DER.
2001 Bipolaire technieken in het Oud-Paleolithicum. *APAN/extern* 9, 45-74.
- FLEBOT-AUGUSTINS, J.
1997 *La circulation des matières premières au Paléolithique*. Études et Recherches Archéologiques de l'Université de Liège 75. Liège.
- FLENIKEN, J. F.
1981 *Replicative systems analysis: a model applied to vein quartz artefacts from the Hoko River site*. Washington State University Laboratory of Anthropology Reports of Investigations 59, Pullman.
- FRAGASZY, D.; IZAR, P.; VISALBERGHI, E.; OTTONI, E. y DE OLIVEIRA, M.
2004 Wild capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) use anvils and stone pounding tools. *American Journal of Primatology* 64, 359-366.
- GOODYEAR, A.
1993 Toolkit entropy and bipolar reduction: a study of interassemblage variability among Paleo-Indian sites in the Northeastern United States. *North American Archaeologist* 14, 1-23.
- HAY, R.,
1976 *Geology of the Olduvai Gorge*. University of California Press, Berkeley.
- HONEA, K. H.,
1965 The bipolar flaking technique in Texas and New Mexico. *Bulletin of the Texas Archaeological Society* 36, 259-267.
- JESKE, R. J.
1992 Energetic efficiency and lithic technology: an Upper Mississippian example. *American Antiquity* 57, 467-481.
- JESKE, R. J. y LURIE, R.
1993 The archaeological visibility of bipolar technology: an example from the Koster site. *Midcontinental Journal of Archaeology* 18, 131-160.
- JONES, P.R.
1994 Results of experimental work in relation to the stone industries of Olduvai Gorge. En M. Leakey (ed.): *Olduvai Gorge 5. Excavations in Beds III, IV and the Masek Beds, 1968-1979*. Cambridge University Press, Cambridge, 254-298.
- KIMURA, Y.
1999 Tool-using strategies by early hominids at Beds I and II, Olduvai Gorge. *Journal of Human Evolution* 37, 807-831.
2002 Examining time trends in the Oldowan technology at Beds I and II, Olduvai Gorge. *Journal of Human Evolution* 43, 291-321.
- KOBAYASHI, H.
1975 The experimental study of bipolar flakes. En E. Swanson (ed.): *Lithic technology: making and using stone tools*. Mouton, The Hague, 115-127.
- KORTLANDT, A.
1986 The use of stone tools by wild-living chimpanzees and earliest hominids. *Journal of Human Evolution* 15, 77-132.
- KUHN, S.
1995 *Mousterian lithic technology*. Princeton University Press, Princeton.

- KUIJT, I. y RUSSELL, K. W.
1993 Tur Imdai Rockshelter, Jordan: debitage analysis and historic Bedouin lithic technology. *Journal of Archaeological Science* 20, 667-680.
- KUITJ, I.; PRENTISS, W. C. y POKOTYLO, D. L.
1995 Bipolar reduction: an experimental study of debitage variability. *Lithic Technology* 20, 100-115.
- KYARA, O. A.
1999 *Lithic raw materials and their implications on assemblage variation and hominid behaviour during Bed II, Olduvai Gorge, Tanzania*. Tesis doctoral leída en la Universidad de Rutgers, New Brunswick, inédita.
- LAWN, B. R. y MARSHALL, D. B.
1979 Mechanisms of microcontact fracture in brittle solids. En B. Hayden (ed.): *Lithic use-wear analysis*. Academic Press, New York, 63-82.
- LEAF, G. R.
1979 Variation in the form of bipolar cores. *Plains Anthropologist* 24, 39-50.
- LEAKEY, M.D.
1971 *Olduvai Gorge, vol. 3. Excavations in Bed I and II, 1960-63*. Cambridge University Press, Cambridge.
- LE BLANC, R.
1984 *The Rat Indian Creek site and the Late Prehistoric period in the interior Northern Yukon*. Archaeological Survey of Canada Papers, 120. Ottawa.
- LEROI-GURHAN, A.
1964 *Le geste et la parole*. Albin, París.
- LOMBERA, A.
2004 *La gestión del cuarzo en dos yacimientos del Pleistoceno medio-superior. El Locus I de As Gándaras de Budiño (Porriño, Pontevedra) y la Jueria (Gerona, Cataluña)*. Tesis de licenciatura, leída en la Universidad de Santiago de Compostela, inédita.
- LUDWIG, B. y HARRIS, J.
1998 Towards a technological reassessment of East African Plio-Pleistocene lithic assemblages. En M. Petraliga, M. y R. Korisettar (eds.): *Early human behaviour in global context*. Routledge, London, 84-107.
- MAGNE, M.
1985 *Lithics and Livelihood: Stone tool technologies of central and southern British Columbia*. Archaeological Survey of Canada Paper 133. Ottawa.
- MORELLO, F.
2005 Tecnología y métodos para el desbaste de lascas en el norte de Tierra del Fuego: Los núcleos del sitio Cabo San Vicente. *Magallania* 33, 29-56.
- MORRISON, D M.
1994 *Validity in lithic debitage analysis: an experimental assessment comparing quartzite to obsidian*. Tesis de máster, leída en la Simon Fraser University de Vancouver, inédita.
- MOURRE, V.
1994 *Les industries en quartz au Paléolithique. Approche technologique de séries du Sud-Ouest de la France*. Mémoire de Maîtrise, Université Paris X, París.
1996 Les industries en quartz au Paléolithique. Terminologie, méthodologie et technologie. *Paléo* 8, 205-223.
2004 Le débitage sur enclume au Paléolithique moyen dans le Sud-ouest de la France». En P. Van Peer; D. Bonjean y P. Semal (eds.): *Acts of the XIV UISPP Congress, Liege*, 29-38.
- ODELL, G. H.
1998 *Lithic analysis. Manuals in Archaeological Method, Theory, and Technique*. Springer, New York.
- PANGER, M. A.; BROOKS, A. S.; RICHMOND, B. G. y WOOD, B.
2002 Older than the Oldowan? Rethinking the emergence of hominin tool use. *Evolutionary Anthropology* 11, 235-242.
- PARRY, W.J. y KELLY, R. L.
1987 Expedient core technology and sedentism. En H. K. Johnson y C. A. Morrow (eds.): *The Organization of Core Technology*. Westview Press, Boulder, 285-304.
- PEÑA ALONSO DE LA, P.
2011 Sobre la identificación macroscópica de las piezas astilladas: propuesta experimental. *Trabajos de Prehistoria* 68, 79-98.
- POTTS, R.
1988 *Early hominid activities at Olduvai*. Aldine de Gruyter, New York.
- PROUS, A. y LIMA, M.A.
1990 A tecnologia de debitage do quartzito no centro de Minas Gerais: lascamento bipolar. *Arquivos do Museu de História Natural da UFMG* XI, 91-114.
- ROCHE, H.; DELAGNES, A.; BRUGAL, J.-P.; FEIBEL, C.; KIBUNJIA, M.; MOURRE, V. y TEXIER, P.-J.
1999 Early hominid stone tool production and technical skill 2.34 myr ago in West Turkana, Kenya. *Nature* 399:57-60.
- ROGERS, M. J. y SEMAW, S.
2009 From nothing to something: the appearance and context of the earliest archaeological record. En M. Camps y P. Chauhan (eds.): *Sourcebook of Paleolithic transitions*. Springer, Nueva York, 155-171.
- RYSSAERT, C.
2005 The use of bipolar/anvil technique at the Middle Palaeolithic site of Mesvin IV. *Notae Praehistoricae* 25, 17-24.

- SCHICK, K. y TOTH, N.
1993 *Making silent stones speak*. Simon & Schuster, Nueva York.
- SCHICK, K.; TOTH, N.; GARUFI, G.; SAVAGE-RUMBAUGH, S.; RUMBAUGH, D. y SEVCIK, R.
1999 Continuing investigations into the stone tool-making and tool-using capabilities of a bonobo (*Pan paniscus*). *Journal of Archaeological Science* 26, 821-832.
- SEMAW, S.
2000 The world's oldest stone artefacts from Gona, Ethiopia: their implications for understanding stone technology and patterns of human evolution between 2.6–1.5 million years ago. *Journal of Archaeological Science* 27, 1197–1214.
- SHOTT, M. J.
1989 Bipolar industries: ethnographic evidence and archaeological implications. *North American Archaeologist* 10, 1-24.
1999 On bipolar reduction and splintered pieces. *North American Archaeologist* 20, 217-238.
- SPETH, J. D.
1972 Mechanical basis of percussion flaking. *American Antiquity* 37, 34-60.
- STOUT, D. y CHAMINADE, T.
2007 The evolutionary neuroscience of tool making. *Neuropsychologia* 45, 1091-1100.
- TACTIKOS, J. C.
2005 *A landscape perspective on the Oldowan from Olduvai Gorge, Tanzania*. Tesis doctoral leída en la Rutgers University, New Jersey, inédita.
- TORRE DE LA, I.
2004 Omo revisited. Evaluating the technological skills of Pliocene hominids. *Current Anthropology* 45, 439-465.
- TORRE DE LA, I. y MORA, R.
2005 *Technological strategies in the Lower Pleistocene at Olduvai Beds I and II*. University of Liege Press, Eralu 112, Brussels.
- TOTH, N.
1982 *The stone technologies of early hominids at Koobi Fora, Kenya. An experimental approach*. Unpublished Ph.D. dissertation, University of California, Berkeley.
- VERGÉS, J.M. y OLLÉ, A.
2010 Technical microwear and residues in identifying bipolar knapping on an anvil: Experimental data. *Journal of Archaeological Science* 38, 1016-1025.
- VISALBERGHI, E.; FRAGASZY, D.; OTTONI, E.; IZAR, P.; DE OLIVEIRA, M. G. y ANDRADE, F. R. D.
2007 Characteristics of hammer stones and anvils used by wild bearded capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) to crack open palm nuts. *American Journal of Physical Anthropology* 132, 426-444.
- WESTERGAARD, G. C.
1995 The stone-tool technology of capuchin monkeys: possible implications for the evolution of symbolic communication in hominids. *World Archaeology* 27, 1-9.
- WHITE, J. P.
1968 Fabricators, outills écaillés or scalar cores? *Mankind* 12, 658-666.
- WHITEN, A.; SCHICK, K. y TOTH, N.
2009 The evolution and cultural transmission of percussive technology: integrating evidence from paleoanthropology and primatology. *Journal of Human Evolution* 57, 420-435.