

DE LA VARIABLE CONTROLADA AL DATO EMPÍRICO: CUATRO CASOS DE CONTROL DE VARIABLES EN EXPERIMENTOS DE TECNOLOGÍA LÍTICA

From controlled variable to empirical data: four cases of control of variables in lithic
technology experiments

Felipe Cuartero Monteagudo¹; Manuel Alcaraz-Castaño²; Javier Baena Preysler¹

Fecha recepción: 04/12/2016

Fecha aceptación: 22/12/2016

RESUMEN

En el presente trabajo utilizamos la caracterización del experimento científico propuesta por el filósofo de la ciencia Mario Bunge para presentar una serie de cuatro experimentos en el campo de la tecnología lítica. Nos centramos en evaluar el grado de control de variables asumido en dichos experimentos, presentándolos de menor a mayor según dicho grado de control. Las temáticas abarcadas en los experimentos presentados son: (a) técnicas de talla en el yacimiento olduvayense de Dmanisi (Georgia); (b) eficacia funcional de los cepillos del yacimiento mesolítico de Parque Darwin (Madrid); (c) eficacia de diversas técnicas de tratamiento térmico en rocas silíceas; y (d) eficacia de una técnica especial de preparación de talones en la configuración de foliáceas del yacimiento solutrense de Las Delicias (Madrid). En cada caso discutimos el procedimiento de control de variables que ha sido empleado, así como la forma de presentar los datos generados. Por último, evaluamos la relevancia y el grado de contrastación que permite cada experimento, señalando la necesidad de diseñar experimentos que permitan un alto grado de replicabilidad y contrastación.

Palabras clave: experimento; tecnología lítica; control de variables; técnicas de talla; tratamiento térmico

¹ Universidad Autónoma de Madrid, Dept. de Prehistoria y Arqueología Campus Cantoblanco, 28049 Madrid, Spain. Email: felipe.cuartero@uam.es

² Neanderthal Museum. Talstraße 300, 40822 Mettmann (Alemania) Email: alcaraz@neanderthal.de

ABSTRACT

In this paper we use the characterization of scientific experiment put forward by the philosopher of science Mario Bunge to present a series of four experiments in the field of lithic technology. We pay especial attention to how these experiments deal with control of variables and we present them in order from the lowest to the highest level of control. Topics of studied experiments include (a) knapping techniques in the Oldowan site of Dmanisi (Georgia), (b) functional utility of the rabbits found in the Mesolithic site of Parque Darwin (Madrid, Spain), (c) effectiveness of different heat treatments techniques on siliceous rocks, and (d) usefulness for foliate production of a special technique of platform preparation identified at the Solutrean site of Las Delicias (Madrid, Spain). In each experiment we discuss how variables were controlled and how generated data were presented, with the final aim of assessing both the relevance and the degree of replicability of experiments. We stress the necessity of devising experiments allowing for a high degree of replicability and contrast.

Keywords: Experiment; Lithic Technology; Control of Variables; Knapping Techniques; Heat Treatment.

1- INTRODUCCIÓN

La experimentación en tecnología lítica presenta la dificultad de contar con un número casi infinito de variables sobre las cuales podemos experimentar. Por este motivo las experimentaciones en este campo suelen quedarse casi siempre al nivel conceptual de la experiencia (*sensu* Baena y Terradas, 2005) sin llegar a alcanzar el nivel de auténtico experimento. El hecho de que las experimentaciones suelen quedar en este nivel cualitativo o exploratorio denominado *experiencia* es generalizado en toda la Arqueología experimental (Santacana, 2013), y ocurre ya sean complejas y múltiples las variables manejadas, como sucede en el caso de la tecnología lítica, o no lo sean. La clave para que los experimentos realizados puedan ser considerados como tales no es otra que el alto control de variables (Bunge, 2000), algo que resulta especialmente complejo cuando éstas son numerosas (Mathieu, 2002). En el presente trabajo exponemos una serie de experimentos realizados recientemente sobre diversos temas en tecnología lítica (técnicas de talla, retoque, configuración y utilización de algunos tipos de utillaje, tratamiento térmico), con el objetivo de mostrar algunos procedimientos de control de variables,

cuestión que consideramos de especial relevancia en cualquier programa experimental. También pretendemos dotar de una cierta uniformidad a las categorías de experimentos más allá de las propuestas al interior de la propia Arqueología experimental, para lo cual empleamos como eje vertebrador las categorías definidas por el filósofo de la ciencia Mario Bunge en torno a los experimentos científicos (Bunge, 2000: 679-689). Por último, pretendemos también mostrar, mediante tablas y gráficas, modelos de datos empíricos contrastables, algunos de ellos cuantitativos, generados a partir de los experimentos presentados.

2- EL EXPERIMENTO CIENTÍFICO Y EL SISTEMA DE CONTROL SEGÚN BUNGE

En el presente trabajo tomamos como referencia la caracterización del experimento científico que realiza Mario Bunge (2000), por lo que presentamos los casos de experimentos que ejemplifican el control de variables según las categorías establecidas por este autor. Bunge establece una diferenciación entre aquellos experimentos que son netamente **cuantitativos** (es decir, realizados con mediciones precisas), de aquellos que son cuantitativos pero con medición escasa (**semicuantitativos**) o de aquellos experimentos netamente **cualitativos**. Los primeros, también denominados **funcionales** (en el sentido de que se pueden expresar en términos de funciones matemáticas) son los que proporcionan los datos empíricos de mayor calidad, ya que al estar basados en mediciones son fácilmente contrastables y permiten reproducir el experimento con objetividad. Esta categoría de experimento podría entenderse como equivalente a los conceptos *experimento* de Baena y Terradas (2005), *experimento verdadero y científico* de Callahan (1995) o *experimento superior* o *de nivel funcional* de Coles (1979). Por otro lado, Bunge (2000: 679) señala que tanto los experimentos semicuantitativos como los cualitativos suelen ser experimentos exploratorios, pues este tipo de experimentos, dedicados a objetivizar por primera vez las variables de un determinado proceso, o las relaciones entre las mismas, no suelen necesitar, en esta fase de la investigación, cuantificar profusamente los datos.

En este sentido podrían entenderse el concepto teórico de *experiencia* (*sensu* Baena y Terradas, 2005), el *segundo nivel de experimentaciones* propuesto por Callahan (1995) o *el nivel medio* o *nivel de finalidad tecnológica* propuesto por Coles (1979). Por último, conviene resaltar también lo que Bunge (2000: 688) denomina experimentos

factoriales, que son aquellos en los que se modifican de forma simultánea una o más variables, y en los que las diferencias se registran cualitativamente.

El aspecto clave en la experimentación sistemática es el control de las condiciones de producción de los hechos estudiados y las condiciones de la observación. Para tal efecto se debe emplear un *testigo* o *sistema de control* en el cual no se introduzcan los cambios deliberados que son objeto de observación en el experimento (Bunge, 2000: 687). Este testigo puede crearse con una población separada (población o grupo de control “C”, frente al grupo o población experimental “E”. También puede ser el sistema mismo cuando no se encuentra sometido a la influencia de la que se supone que es causa de la variación productora del sistema experimental. Los grupos de control y experimental tienen que ser homogéneos, es decir, tan similares en las variables relevantes como sea posible. Para conseguir esta homogeneidad entre grupos E y C Bunge presenta dos técnicas de control de variables: *individuales* y *colectivas* (Bunge, 2000: 689). La técnica de control de variables colectiva se suele aplicar a muestras amplias de estudio sobre las cuales no se pasan por alto las composiciones individuales de C y E y no se controlan más que algunas de sus propiedades estadísticas. A tal efecto se emplean métodos de control estadístico (por distribuciones, al azar, casualización). Esta técnica de control permite minimizar los efectos en variables no modificables como por ejemplo la variabilidad natural al interior de una materia prima poco homogénea *per se*. No obstante, en los casos de mayor control de variables que presentamos en este trabajo, centrados en técnicas de talla y tecnología lítica, se han podido componer los grupos Experimental y de Control mediante técnica de control individual con emparejamiento simultáneo de individuos de ambos grupos: cada miembro del grupo de control se coordina con un miembro, aproximadamente equivalente, del grupo experimental (Bunge, 2000).

En el presente trabajo mostraremos cuatro ejemplos de experimentos diferentes estructurados a partir de las categorías que establece Bunge (2000) en relación al grado de control de variables: (1) un experimento cualitativo en torno a la técnica de talla empleada en el nivel IV de Dmanisi (República de Georgia); (2) dos experimentos factoriales, uno de ellos dedicado a analizar la efectividad de los útiles denominados *cepillos* del yacimiento mesolítico de Parque Darwin (Madrid) y otro dedicado a evaluar el efecto de diversas técnicas en el tratamiento térmico del sílex; y (3) por último, un experimento cuantitativo como ejemplo de alto control de variables.

Por no ser el objetivo de este trabajo, no incidiremos de manera detallada en los aspectos previos al propio experimento, como son la determinación del problema científico a resolver, o el planteamiento de una hipótesis válida que deba ser contrastada con el propio experimento. Queremos recordar no obstante que para que una hipótesis sea válida debe cumplir los siguientes requisitos: (1) debe tratar sobre cuestiones reales y observables, y (2) debe expresar la relación entre dos o más fenómenos o atributos que han sido observados previamente (Popper, 1934). Sólo con el planteamiento de una hipótesis válida y establecida a partir de relaciones concretas entre hechos podremos plantear un experimento objetivo y fructífero (Bunge, 2000). La observación de los hechos así como las hipótesis que relacionan dichos hechos con fenómenos son más fáciles de abordar cuanto más experiencia y mayor número de observaciones se han hecho sobre un determinado contexto o serie de hechos. En nuestro caso de la experimentación en Arqueología la observación de los hechos debe partir del registro arqueológico y los datos empíricos obtenidos del mismo. En este sentido sobra decir que es fundamental conocer el registro material y los datos empíricos así como las teorías generales que se relacionan con la interpretación de los fenómenos observados.

Como paso previo a establecer el control de variables es obvio que debemos identificar cuáles de ellas intervienen de forma más próxima en un fenómeno. En este sentido, para una acción sencilla, como puede ser la técnica de extracción de una lasca, influyen de forma inmediata (a) la forma del núcleo o nódulo tallado, (b) su tamaño, (c) la naturaleza de la materia prima (evaluada por ejemplo en términos de calidad), (d) el punto donde se ejerce la percusión, (e) la trayectoria de la percusión, (f) la naturaleza del percutor (duro, blando, semiduro...), (g) la forma del percutor y (h) la forma de la zona activa de percusión del mismo (Cuartero Monteagudo, 2014). En función de cuáles sean las variables que queramos analizar deberemos fijar o controlar el resto de variables. Así pues, si queremos analizar el efecto que tiene la morfología del núcleo (a) en la morfología de la lasca producida, consideraremos aquella como la variable independiente del experimento. La morfología de la lasca resultante (i) sería en este caso la variable dependiente. El resto de variables (b, c, d, e, f, g, h) deberán ser fijadas o controladas; es decir, que deberemos hacer que sean lo más homogéneas que sea posible para que su propia variación no interfiera en la observación del fenómeno principal que se quiera investigar. Un buen ejemplo de experimentos en este sentido lo encontramos en Dibble y Rezek (2009), donde se analiza el grado de condicionamiento que implica la morfología

de la superficie tallada (variable independiente) en la morfología de la lasca resultante (variable dependiente), para lo cual se controlan el resto de variables (relativas a la técnica). Este experimento aporta datos muy concretos sobre el mecanismo de ruptura concoidea, determinando por ejemplo que en la forma de la lasca resultante influyen más otros factores como el ángulo de la plataforma o la profundidad en el golpeo que la propia morfología de la superficie de explotación.

Si nos movemos a un plano más concreto en el registro arqueológico podríamos plantear un programa experimental para conocer cuál es la técnica precisa para elaborar un determinado producto de debitage: por ejemplo las puntas de tipo Levallois. A ser posible deberíamos determinar un conjunto arqueológico concreto, analizar el esquema operativo para producción de puntas Levallois en dicho conjunto y definir previamente qué grado de regularidad hay en la elaboración de dichos productos. En un primer experimento exploratorio deberíamos intentar controlar las variables (a) morfología núcleo, incluyendo obviamente la preparación de la forma de los negativos previos a la extracción de la punta, (b) su tamaño y (c) materia prima tallada. Las variables relativas a la técnica, que en este caso son las restantes (d- el punto donde se ejerce la percusión, e- la trayectoria de la percusión, f- la naturaleza del percutor, g- la forma del percutor y h- la forma de la zona activa de percusión del mismo), deberán ir alternándose en su papel como variables independientes. El grado de variación en las mismas dependerá del número de interrogantes que no puedan ser resueltos directamente por el registro; es decir, si hay datos sobre los percutores, incluyendo sus morfologías, naturaleza, forma y estigmas en las zonas activas de percusión, se deberán controlar estas variables (es decir, no permitir que varíen: por ejemplo tomando como referencia un tipo de percutor y zona activa si es que se pueden establecer tipos). La experimentación se podrá centrar en este caso en el gesto (a descomponer a su vez en tantas variables como sea necesario: trayectoria, fuerza, velocidad) y se podrá constatar así cuál de los gestos probados es más eficaz a la hora de crear la punta-tipo que hayamos elegido reproducir, así como su contraste con las huellas generadas en la propia zona activa de percusión (Cuartero Monteagudo, 2014).

3-ALGUNOS CASOS DE EXPERIMENTOS EN TECNOLOGÍA LÍTICA CON DIVERSO CONTROL DE VARIABLES

3.1- Un caso de experimento cualitativo: La velocidad en el gesto como variable significativa en el desarrollo de mecanismos de fractura *bending* en Dmanisi nivel IV

El yacimiento de Dmanisi (República de Georgia) es en la actualidad el mejor conservado (incluyendo fauna y fósiles humanos) y con fechas más antiguas (1,78 MA) para hablar de la primera salida de homínidos del continente africano (Gabunia et al, 2001). El estudio de su tecnología lítica a cargo de un Proyecto desarrollado entre los años 2006 y 2008 por un equipo de investigadores del Museo Nacional de Georgia y la Universidad Autónoma de Madrid (Baena *et al*, 2010) permitió establecer una serie de observaciones sobre los dos grandes conjuntos analizados (niveles II y IV de la antigua estratigrafía). Entre otras variaciones, el nivel II y el nivel IV muestran diferentes mecanismos de inicio de fractura concoidea. Mientras que en el nivel II es dominante el inicio de ruptura hertziano (*sensu* Cotterell y Kamminga, 1987) el nivel IV muestra un inicio de ruptura dominado por el mecanismo *bending* (*ibidem*). La constatación de esta dicotomía resulta de gran interés porque se estima que el lapso cronológico de formación entre un nivel y otro sería de entre 10.000 y 100.000 años (Ferring et al, 2011) lo que supone un rango temporal reducido (entendido en la escala de tiempo de los primeros homínidos).

Hay varias razones por las que se puede generar un inicio de fractura de mecanismo *bending*: naturaleza más blanda del percutor (Newcomer, 1979), ángulo de cornisa agudo (Cotterell y Kamminga, 1987) o un gesto rasante (Pelegri, 2000) entre otras. En general implica un menor estrés de inicio de ruptura (Cotterell y Kamminga, 1987) que puede ser medido en psi –libras por pulgada cuadrada- (Faulkner, 1972). De las posibilidades anteriormente expuestas se podía descartar la diferencia en selección petrológica de los percutores ya que en ambos niveles mostraban repertorios igualmente variados siendo siempre los materiales blandos (rocas con mayor disgregación) igualmente minoritarios. Tampoco los percutores mostraban un gesto diferenciado observando los estigmas: en ambos conjuntos mostraban una percusión frontal. Los artefactos tallados mostraban algunas diferencias, presentando el nivel IV una selección más pobre de materias primas y una mayor proporción de lascas corticales, así como una mayor tendencia a las explotaciones unifaciales (Baena et al., 2010).

En experiencias previas de talla habíamos observado que en materias primas tenaces el mecanismo de inicio de ruptura tipo *wedging* (opuesto al *bending*; esto es, más compresivo o con mayor fuerza en menor superficie) era común con un gesto rápido y violento de percusión. Por tanto un gesto más lento debía reducir los efectos nocivos que genera este tipo de inicio de ruptura. Al probar este tipo de gesto amortiguado sobre diferentes soportes y materias primas (siempre locales, de tipo volcánico, como tobas y basaltos) obtuvimos casi siempre un mecanismo de ruptura de tipo *bending* (Baena *et al*, 2010). A pesar de que en este caso realizamos una experimentación cualitativa en la que solo alteramos la velocidad del gesto (experimento cualitativo) en experimentos posteriores de tipo factorial (*sensu* Bunge, 2000) todavía inéditos, valoramos el papel de este gesto lento sobre otras variables marcadamente diferentes entre ambos niveles, fundamentalmente la calidad de la materia prima (alta o baja), el tamaño del núcleo y la estrategia de talla (bifacial o unifacial). Tras estos primeros ensayos pudimos constatar que en núcleos de dos superficies, tamaño reducido y buena calidad (esto es, equiparables a los del nivel II), el gesto amortiguado no funcionaba tan bien, y que era necesario un golpeo más rápido que en este caso daba como resultado un inicio netamente hertziano. Parece por tanto que el gesto no se presenta como un factor aislado sino que se asocia a otros factores que podríamos decir forman en su conjunto un sistema técnico. La explicación de por qué se produce ese salto cualitativo en términos de sistemas técnicos en tan escaso margen cronológico queda pendiente de ser explicada. Dicha explicación debe ser abordada con un análisis que contemple aspectos relativos al contexto, nuevas precisiones sobre la estratigrafía (Ferring *et al*, 2011), nuevos datos paleoantropológicos y evidentemente nuevos experimentos con un mayor control de variables. No obstante, esta primera serie de experimentos exploratorios o experiencias nos permitió observar las interacciones de la variable “velocidad de gesto” con el resto de atributos importantes en cada conjunto.

3.2- Dos casos de experimento factorial: los cepillos (*rabots*) de Parque Darwin (Madrid) y una aproximación didáctica al tratamiento térmico de materiales silíceos

A continuación mostramos dos ejemplos de experimentos de tipo factorial llevados a cabo para observar simplemente la eficiencia de ciertas combinaciones de variables. En un primer caso se abordó el potencial funcional de cierto tipo de útiles espesos y con borde denticulado (*rabots*) identificados en el yacimiento Mesolítico de

Parque Darwin (Madrid). En segundo lugar mostramos un experimento realizado con fines didácticos durante el transcurso del XI Curso de Arqueología Experimental de Caspe (año 2015) orientado a mostrar la eficacia de varias técnicas de tratamiento térmico sobre varios tipos de materias primas.

Parque Darwin es un yacimiento mesolítico madrileño fechado en unos 8700 años antes del presente (sin calibrar) (Pérez González et al., 2007) y que ha sido clasificado dentro de la denominada facies “de muescas y denticulados”. En este yacimiento se ha identificado una serie de instrumentos macrolíticos que destacan por presentar frentes amplios retocados en modo abrupto, amplitud espesa, orientación directa y delineación denticulante de carácter escaleriforme (*ibidem*). Este tipo de instrumental puede adscribirse a los denominados “cepillos” o *rabots* (tipo 16 en la lista de Sonnevill-Bordes; Merino, 1994). Además de esas características es importante señalar que buena parte de las piezas que pueden ser así definidas en Parque Darwin presentan un filo microdenticulado que apoya sobre una cara ventral o superficie convexa y un tamaño y peso considerables (entre 300 y 500 gr) (Cuartero Monteagudo, 2012).

En experiencias aproximativas previas realizadas por Risco Zorita (2010) se caracterizó el proceso de talla para la configuración de este tipo de instrumentos con diferentes tipos de percutor y se hizo una primera aproximación a la eficacia funcional de los mismos, fundamentalmente a partir de un gesto transversal de uso. Este uso sin embargo no permitía explicar todas las características morfológicas del útil (espesor, peso, cara ventral convexa...), por lo que surgieron nuevos interrogantes respecto a su modo de funcionamiento. Algún tiempo más tarde, y gracias a una experiencia fortuita pudimos constatar que un gesto oblicuo de percusión tangencial resultaba muy eficaz con piezas semejantes (denticulados espesos). Por ello nos planteamos realizar una experimentación centrada en la aplicación de este gesto sobre distintas réplicas que pusiesen el acento en unas variables u otras de las que permiten caracterizar este tipo de piezas (Cuartero Monteagudo, 2012). El objetivo de este experimento exploratorio era el de evaluar cuáles de dichas variables eran fundamentales de cara a un uso eficiente en este tipo de piezas y cuáles eran accesorias, accidentales, o provocadas de forma secundaria por aquellas variables que sí eran fundamentales. Puesto que se quería someter a prueba la eficacia del gesto descrito más arriba (oblicuo y rasante) en este tipo de piezas denticuladas, se tomaron como variables fijas o controladas estos dos aspectos. El resto de variables descritas más arriba (peso, inclinación del frente, delineación de la cara

ventral) fueron modificadas para poder observar la aptitud de este tipo de gesto sobre estas diferentes morfologías y tamaños.

Como resultado de este experimento (Tabla 1) se pudo establecer que la cara convexa y el retoque micro-denticulado que se apoya sobre la misma son las variables fundamentales sobre las cuales se articulan el resto de atributos: el filo micro-denticulado actúa con el giro extrayendo materia con el paso de cada diente; de ahí que su mayor número y regularidad permitan una mejor acción sobre el material trabajado. La convexidad de la cara de apoyo permite un gesto de percusión rasante que facilita la salida del impacto con un esfuerzo mínimo. El peso aporta en este caso la energía cinética suficiente como para realizar el gesto mediante un impulso inicial y la inercia siguiente (Cuartero Monteagudo, 2012). Otras variables como la inclinación del frente son accesorias ya que su influencia es mínima (siempre que el filo sea similar). Esta característica en concreto parece derivada del reavivado del borde micro-denticulado, cuya extensión parcial sobre la altura total del frente acaba generando los escalonamientos y la relación abrupta más arriba descritas. La extensión delimitada de las extracciones tendría como objeto mantener el máximo volumen/peso de la pieza, ya que como hemos visto esta característica hace estas piezas más eficaces.

Gesto oblicuo tangencial, Filo denticulado		Frente Abrupto		Frente inclinado	
		Ligeras	Pesadas	Ligeras	Pesadas
Delineación	Cóncava	□	□	□	□
	Plana	□	●	□	●
	Convexa	●	●●	●	●●
	Irregular/S	□	□	□	□

Tabla 1. Eficacia del gesto oblicuo-tangencial en piezas de borde micro-denticulado. Variables analizadas: Peso (ligeras: ≈50 gr; pesadas ≈ 350 gr); Delineación de la cara ventral: cóncava, plana, convexa, irregular o en S. Inclinación del frente: abrupto (≈80°) o inclinado (≈50°). Observación de la eficacia del gesto en acción de corte sobre ramas de madera semi-seca de encina (≈50 golpes/pasadas por cada una de las 16 opciones)

Otro experimento factorial de organización similar es el que planteamos con ocasión del XI Curso de Arqueología Experimental de Caspe, desarrollado durante el mes de septiembre de 2015 en dicha localidad. En este caso se pretendía mostrar como método de trabajo una serie de experiencias sobre la eficacia de algunas técnicas de tratamiento térmico. Puesto que algunas características como la petrología de las muestras tratadas,

así como la presencia o no de córtex e impurezas, resultaban también interesantes de cara a estas experiencias, se programó un experimento de carácter factorial.

En primer lugar se pretendía hacer una aproximación a las diversas técnicas de tratamiento térmico constatadas a nivel arqueológico y etnográfico, de las cuales la más extendida es el tratamiento de sílex enterrado bajo una capa de arena (Boix Calbet, 2012), que además ha sido probada en experimentación con control de temperaturas en superficie, bajo 5 cm y bajo 10 cm (Wadley y Prinsloo, 2014). Además de esa técnica se han documentado otras como la cocción en pella de barro o, a nivel etnográfico, la cocción en recipientes de cerámica con serrín y ceniza (Tixier e Inizan, 2000). Otros experimentos recientes con alto control de variables han mostrado que también es posible la cocción con exposición directa al foco de calor con temperaturas de entre 350 y 400°C reguladas en este caso por la fase de combustión (final) o un combustible de baja temperatura (Schmidt et al, 2015).

En nuestra experimentación consideramos como variable fundamental el tamaño del soporte, pues se ha observado en diversos experimentos que los soportes de tamaño más reducido (lascas) soportan mejor los choques térmicos que los soportes de mayor tamaño como núcleos o nódulos (Crabtree y Butler, 1964; Mercieca y Hiscock, 2008). Al mismo tiempo pretendíamos mostrar el efecto de aplicar las mismas técnicas sobre diferentes materias primas, cuya respuesta se ha observado como significativamente diferente (Domanski & Webb, 1992). Y por último, también pretendíamos que se pudiese observar la influencia de cara a un tratamiento térmico eficaz de algunos tipos de impurezas como las cristalizaciones de ópalo que presentan en las zonas subcorticales algunos tipos de sílex como el de la región de Madrid. En experiencias previas habíamos comprobado que dichas impurezas siempre ejercen un efecto negativo en el tratamiento del sílex, generando fisuras o fracturas dramáticas que afectan no sólo al área con ópalo sino a toda la pieza tratada. A tal efecto se plantearon tres hipótesis de partida sobre las cuales trabajar:

1- Sobre la materia prima. Hipótesis: “Los materiales silíceos criptocristalinos (como el sílex) son los únicos que mejoran ante el tratamiento térmico”

2- Sobre las impurezas. Hipótesis: “el córtex u otras impurezas o concreciones impiden realizar un tratamiento térmico exitoso”

3- Sobre las técnicas de cocción y aislamiento térmico. Hipótesis: “La única técnica exitosa de cocción que podemos realizar con el sílex es colocarlo enterrado en una capa de arena bajo el foco del fuego”

El combustible empleado fue madera de pino. A la hora de realizar el experimento se tomaron temperaturas en rangos de tiempo de unos 30'. En el caso del experimento de cocción a baja temperatura se esperó a que parte del combustible se hubiese reducido a brasas y ceniza para enterrarlo en las mismas.

Con el fin de introducir las nociones de variable independiente (aquella que modificamos para observar unos resultados) y dependiente (la expresión de dichos resultados) y variable controlada, se presenta la siguiente clasificación que permita extraer una lectura ordenada de los resultados en cada hipótesis propuesta (tabla 2):

Variables	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
Dependiente	Éxito (●) o fracaso (□) en el tratamiento		
Independiente	Materia prima	Impurezas	Técnica de cocción
Fijas o controladas	Impurezas, Técnica de cocción	Materia prima, Técnica de cocción	Materia prima, Impurezas

Tabla 2: Organización de las variables en experimento múltiple (factorial) de tratamiento térmico de cara a su posterior observación

A pesar de que no hubo un control muy estricto en la temperatura de los hogares ya que las rachas de viento eran variables (a veces demasiado fuertes, llegando a alcanzar temperaturas de más de 800°C), el experimento permitió hacer una aproximación a la eficacia de cada una de estas técnicas y del efecto de aplicarlas sobre distintas petrologías, con o sin impurezas (Tabla 3). En este caso la eficacia del tratamiento se ha determinado tras un testado de la calidad de la muestra calentada de cara a la talla por comparación con las mismas muestras no calentadas. Consideramos exitoso el tratamiento que permite realizar series de talla por presión, hecho éste que no era posible antes de su tratamiento en ningún material de la muestra salvo en el ópalo. Consideramos el tratamiento como no exitoso o fracaso cuando aparecen craquelados, fisuras y fragmentación que impida usar el soporte en su integridad para un proceso de talla posterior.

Sobre las hipótesis planteadas se pudo concluir que: 1) el tratamiento térmico no afecta solo a las rocas criptocristalinas, ya que en el caso de las cuarcitas, cuya estructura no es criptocristalina, se puede observar una cierta mejora en sus propiedades de cara a la

talla. Otros materiales como el ópalo (microcristalina) mostraron siempre un resultado negativo. 2) Las impurezas como el córtex no siempre afectan negativamente en el tratamiento térmico; no obstante, cuando dicho córtex presenta ópalo, como se pudo observar en el experimento anterior, sistemáticamente provoca un resultado negativo en el tratamiento térmico. 3) El aislamiento con capa de arena no es la única técnica exitosa en el tratamiento térmico, aunque ciertamente es la técnica que permite un mejor control. No obstante, otras técnicas pueden resultar parcialmente exitosas, como la cocción en recipiente cerámico con serrín o la exposición a temperaturas bajas, si bien esta última técnica es más adecuada en aquellas rocas de elevada tenacidad como el sílex (pedernal) blanco o la cuarcita.

Tratamiento térmico y MP		Muestras de materia prima						
		1	2	3	4	5	6	7
Técnica de tratamiento térmico	A	□	□	□	□	□	□	□
	B	●	●	●	□	□	□	□
	C	●	●	●	●	□	●	□
	D	□	□	□	□	□	□	□
	E	●	●	●	●	□	●	□

Tabla 3: Tratamiento térmico y materia prima. Muestras de materias primas e impurezas a calentar: 1) cuarcita 2) sílex Brihuega sin córtex 3) sílex Brihuega con córtex 4) sílex Madrid sin córtex 5) sílex Madrid con córtex 6) sílex Bergerac (sin córtex) 7) ópalo. Técnicas de cocción: A) Sin protección fuego alta intensidad B) Sin protección baja intensidad C) cerámica con serrín D) pella E) enterrado en arena. Tratamiento eficaz (●) o ineficaz (□)

3.3- Un caso de experimento cuantitativo: La preparación de cornisa y facetado con micro-reflejados en el yacimiento solutrense de Las Delicias (Madrid)

Por último presentamos un ejemplo de experimento cuantitativo con alto control de variables: el caso de estudio mediante experimentación de la técnica especial de los micro-reflejados en la producción de foliáceas del yacimiento solutrense de las Delicias (Madrid). La reciente re-excavación del yacimiento de Las Delicias (Madrid) ha proporcionado nuevas dataciones y restos de industria lítica que permiten adscribir sus niveles arqueológicos a una cronología solutrense. En concreto se han identificado dos sectores con industria lítica en los que predominan subproductos relacionados con la configuración de puntas bifaciales de tipo hoja de laurel, además de otros elementos de producción laminar y algunos útiles expeditivos de tipo Paleolítico superior (Alcaraz-Castaño et al, 2012, en prensa).

Entre las lascas obtenidas en el proceso de excavación se identificaron 88 correspondientes a procesos de reducción bifacial en el Sector I (6,4% de este conjunto)

y 31 en el Sector II (3,4%). Estas lascas de reducción bifacial fueron clasificadas como tales cuando presentan al menos 3 de los siguientes atributos y estigmas: (1) abrasión del talón (2) talón con labio (3) relación espesor/anchura inferior a 0,2 (4) talón diedro o facetado, (5) más de 3 negativos en la cara dorsal, especialmente cuando existan direcciones opuestas (Alcaraz-Castaño et al. en prensa: table 3). La observación inicial que nos condujo a plantear el estudio experimental fue constatar que en muchas de estas lascas de reducción bifacial existen o bien en el talón, o bien en la cornisa, o bien en ambas áreas, series de micro-negativos reflejados (12,5% de los talones y 20,8% de las cornisas en el sector I; 20,7% de los talones y 24,1% de las cornisas en Sector II). Ante ello, propusimos dos hipótesis relacionadas al respecto: (A) este tipo de negativos son intencionales y (B) este tipo de negativos representan una técnica especial de preparación del talón que produce un mayor control y eficacia en este tipo de extracciones (Cuartero et al., 2016). La determinación de técnica especial se hace *sensu* Inizan et al., (1995), como un conjunto de operaciones que determinan una ruptura especial, al igual que sucede con otras como la técnica del micro-buril o el *coup de tranchet*.

Para evaluar nuestras hipótesis realizamos una serie de experimentos en los que se controla el máximo número de variables, con el objetivo fundamental de averiguar cuál es el efecto de emplear esta técnica frente a un facetado *convencional* con extracciones convexas. Empleamos una técnica de control de variables individual con emparejamiento simultáneo (Bunge, 2000) en la que se considera como grupo de control (C) aquellas extracciones con una preparación de facetado convexo convencional frente a un grupo experimental (E) en el que se aplica el facetado a base de micro-reflejados (Tabla 3). En ambos casos, C y E, se emplea el mismo soporte para realizar las series de extracciones en bordes opuestos. A la hora de analizar las similitudes y diferencias de ambos grupos (E y C) se contrasta con los dos conjuntos arqueológicos (Sector I y II) la representatividad de los siguientes atributos: tipos de talón, accidentes generados, proporciones métricas (espesor/anchura y anchura/longitud), e índice de reducción del soporte (espesor de la lasca/espesor total de la foliácea) (Cuartero et al, 2016).

A pesar de ser aún preliminares, los experimentos realizados nos han permitido fijar una serie de parámetros a analizar en la muestra experimental y arqueológica. Los accidentes observados en el grupo de control (facetado convexo) son ligeramente más altos que los documentados con la técnica de facetado mediante micro-reflejados (imágenes 1 y 2). Así mismo, el repertorio de tipos de talón que se observa con la técnica

de preparación de micro-reflejados presenta un mayor paralelismo con los talones arqueológicos de ambos conjuntos (sectores I y II) (imagen 2). Aunque en el caso de los talones de facetado convexo puede aparecer algún micro-reflejado de forma accidental, su frecuencia es siempre menor que en el caso de su preparación intencional y también que en los dos conjuntos arqueológicos (imagen 2). Con respecto a la reducción del espesor (índice de adelgazamiento) aunque los valores entre ambas técnicas resultan similares se observa una cierta tendencia a un menor espesor relativo en las lascas de configuración bifacial con la técnica de micro-reflejado (imagen 2). Por todo ello, concluimos que la preparación intencional de los micro-reflejados permite un mayor control en las extracciones y genera menos accidentes de difícil corrección.

Identificador experimento	Peso (en gr)	Longitud (en mm)	Ancho (mm)	Grosor (mm)	Número de lascas (facetado convexo)	Número de lascas (facetado micro-reflejado)
D.2.A.1	190	129	57	22	5	5
D.2.A.2	161	120	55	20	4	4
D.2.A.3	78	86	45	18	3	3
D.2.B.1	144	113	56	17	4	4
D.2.B.2	108	105	55	17	4	4
D.2.B.3	82	88	48	16	3	3

Tabla 4: Control de la muestra con técnica individual de emparejamiento simultáneo: por cada muestra experimental en la que se aplica la técnica especial de micro-reflejado (E) se aplica una serie similar de extracciones en la misma preforma con facetado convexo (C). Se intenta mostrar el efecto sobre dos materias primas distintas (A y B) y en tamaños distintos de preforma que tienen su equivalente (aproximado) en cada materia prima

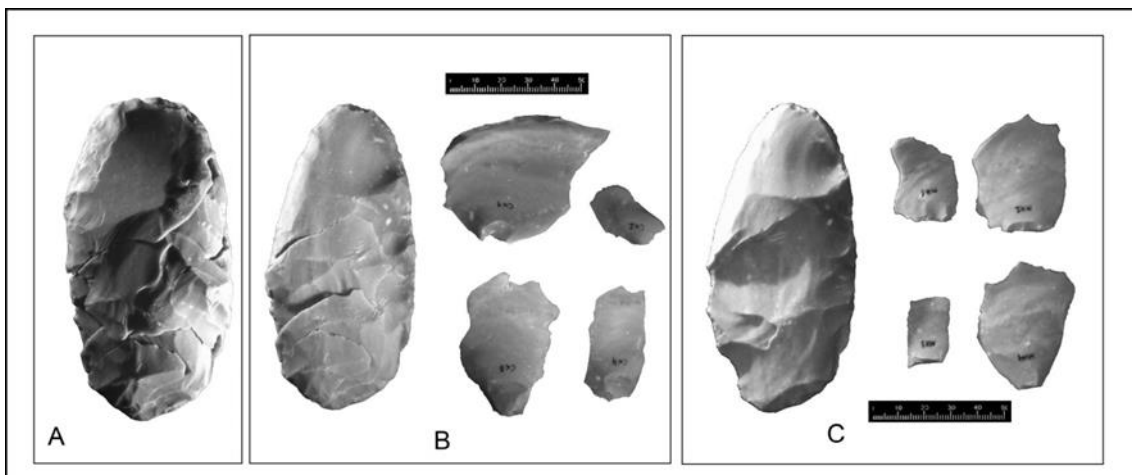


Imagen 1: Foliácea D.2.B.1 – A) serie de lascas remontada (forma original) B) Serie de extracciones con talón facetado convexo desde el borde lateral izquierdo. C) serie de extracciones con micro-reflejado desde el borde lateral derecho. Obsérvese el sobrepasado generado en B. Escala: 5 cm.

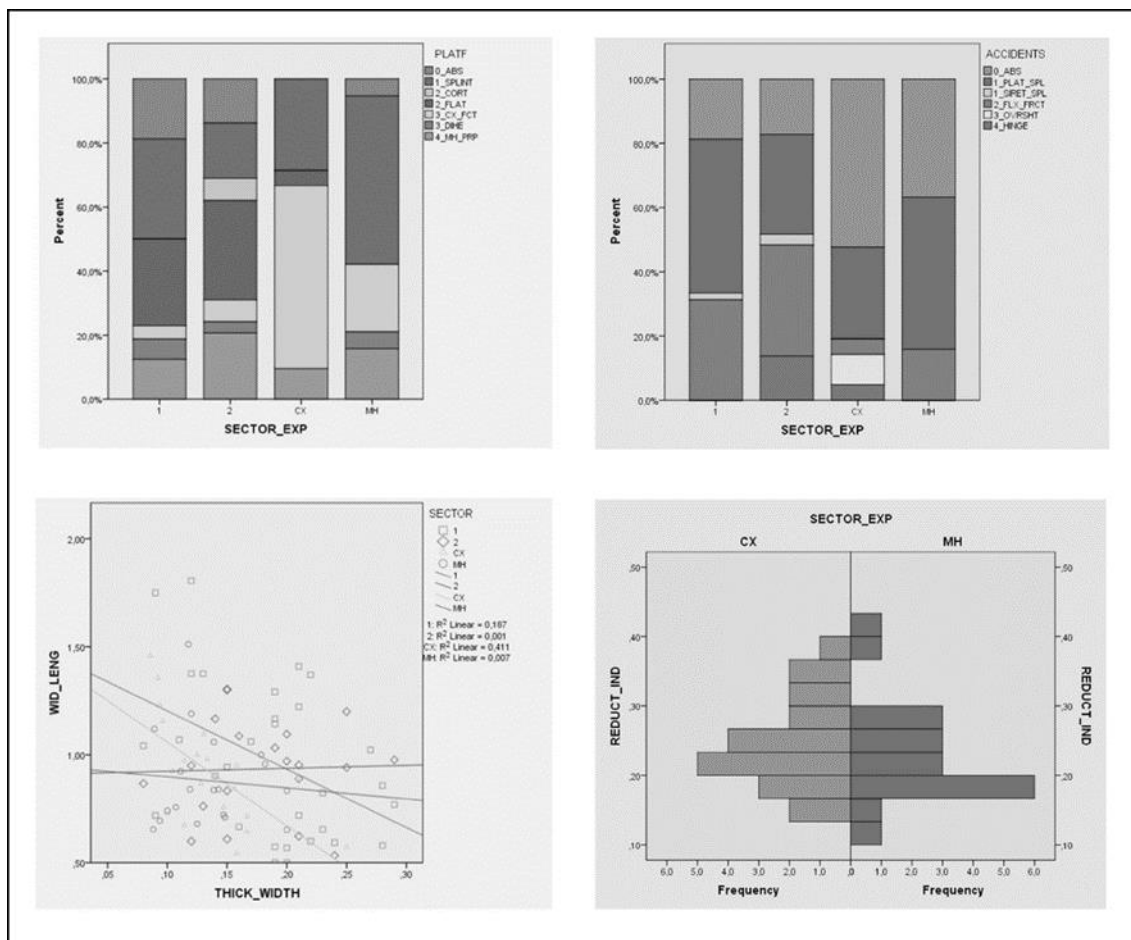


Imagen 2: Gráficas empleadas para mostrar las similitudes y diferencias en términos cuantitativos entre el grupo de experimentos con talón micro-reflejado (MH), convexo (CX) y los dos conjuntos arqueológicos de Las Delicias: Sector I (1) y II (2). Se evalúa la representatividad de los tipos de talones (arriba, izquierda), accidentes (arriba, derecha), relaciones espesor/anchura y anchura/longitud (abajo, izquierda) e índice adelgazamiento (grosor de la lasca de configuración bifacial/grosor total de la foliácea) (abajo, derecha)

4- Discusión: sobre la relevancia y la contrastación de los datos generados en experimentos sobre tecnología lítica

Todo experimento, y en general toda fuente de información o de conocimiento científico, debe tener al menos dos pilares fundamentales: la susceptibilidad de ser contrastado y la relevancia. Creemos que la mejor manera de hacer experimentos precisos y verificables implica un alto control de variables, y a ser posible, un registro cuantitativo de las mismas. Sólo así la experimentación puede ser fácilmente contrastable y reproducible. Sin la capacidad de verificación los experimentos quedan como meras observaciones cualitativas que pueden llevar a generalizaciones poco precisas o inducir a error. Al mismo tiempo, es fundamental sopesar la relevancia del experimento antes de que éste sea abordado. De lo contrario podemos estar constatando hechos o incluso

correlaciones claras entre variables más o menos aisladas sin saber explicar los fenómenos que las vinculan o no llegar a comprender la importancia de un determinado fenómeno (Bunge, 2000). Gracias a estos dos pilares fundamentales el conocimiento obtenido a través de los experimentos puede ser falible y por tanto perfectible.

4.1- Sobre la relevancia de los datos obtenidos en la experimentación → Los experimentos realizados no siempre permiten explicar las razones por las que se produce un cambio en la tecnología (para lo cual hay que barajar amplios conjuntos de datos especialmente relacionados con el contexto: medio, estrategias de aprovechamiento del mismo, aspectos sociales e ideológicos, entre otros) pero sí que permiten al menos entender algunas de sus claves intrínsecas, aportando así datos empíricos interesantes sobre algunas cuestiones. En el caso de Parque Darwin o Las Delicias se valora la intencionalidad o no de algunos atributos técnicos. El aspecto arcaizante de las industrias macrolíticas del Mesolítico debe ser reevaluado como un cambio hacia la especialización en ciertos útiles que no son en absoluto ineficaces en comparación con los de otras facies o momentos anteriores. Los reflejados sobre el talón o cornisa de las lascas de configuración bifacial en Las Delicias se han mostrado como una técnica especial de preparación que es eficaz, y por tanto no hay que entenderlos como el reflejo de un bajo nivel de tecnicidad. La técnica de percusión documentada en el nivel IV de Dmanisi resulta eficaz para aprovechar cualquier tipo de roca que tenga una fractura concoidea, aunque esta sea muy tenaz o de grano grueso, por lo que los primeros homínidos que salieron de África pudieron conseguir con esta técnica una adaptación a una amplia variedad de paisajes litológicos. Si en momentos algo más avanzados se cambió la técnica de percusión seguramente no fue porque ésta no funcionara, sino porque se dio una mejor selección de las materias primas y un mejor aprovechamiento de las mismas, lo cual puede estar relacionado con un cambio en los objetivos funcionales de la producción y con estrategias diferentes de aprovechamiento del medio. En todo caso esto último debe ser evidentemente contrastado con las estrategias de aprovechamiento de la fauna y otros recursos.

4.2- Sobre la contrastación, falibilidad y perfectibilidad de los datos empíricos generados → La experimentación en torno al tratamiento térmico de rocas aptas para la talla es de hecho una contrastación de experimentaciones anteriores (Wadley y Prinsloo, 2014; Schmidt, 2015), que a pesar de ser registradas en nuestro caso con menor control de variables, han permitido confirmar a grandes rasgos muchas de las

observaciones previas. En el caso de los otros experimentos, realizados *ex novo*, deberán ser otros investigadores o nuestros futuros trabajos los que, mediante la replicación de los experimentos realizados, permitan confirmar o refutar las observaciones preliminares planteadas. No obstante, algunas de las experimentaciones realizadas deberán ser ampliadas y mejoradas, en algunos casos (Dmanisi y Parque Darwin) mediante una mayor cuantificación. Sólo en el caso de Las Delicias, en el que se presenta un alto control de variables, se ha propuesto una vía eficaz de contrastación futura. A pesar de que este experimento no es todo lo concluyente que cabría desear, es de esperar que los experimentos futuros, realizados bien mediante las vías propuestas, bien mediante otras, consigan depurar nuestras observaciones preliminares.

REFERENCIAS

ALCARAZ-CASTAÑO, M., LÓPEZ-RECIO, M., TAPIAS, F., CUARTERO, F., BAENA, J., RUIZ-ZAPATA, B., MORÍN, J., PÉREZ-GONZÁLEZ, A., SANTONJA, M. (2015; in press): “The human settlement of Central Iberia during MIS 2: New technological, chronological and environmental data from the Solutrean workshop of Las Delicias (Manzanares River valley, Spain)”. *Quaternary International*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.06.069>

BAENA PREYSLER, J. Y TERRADAS BATLLE, X. (2005): “¿Por qué experimentar en Arqueología?” *Actas de los XV Cursos monográficos sobre el patrimonio histórico* (Reinosa, julio 2004): 141-160

BOIX CALBET, J. (2012): “El tratamiento térmico en rocas silíceas, un procedimiento técnico para la talla”. *Trabajos de Prehistoria*, 69 (1): 37-50.

BUNGE, M. (2000): *La investigación científica: su estrategia y su filosofía*. Siglo XXI.

CALLAHAN, E. (1995): “What is experimental Archaeology?” *Primitive Technology Newsletter*, 3-5:1

COLES, J.M. (1979): *Experimental Archaeology*. Academic Press. London.

COTTERELL, B., & KAMMINGA, J. (1987). “The formation of flakes”. *American Antiquity*, 52(4): 675-708.

CRABTREE, D. E. & BUTLER, R. (1964): "Notes on Experiments in Flint Knapping: 1. Heat treatment of silica materials". *Tebiwa*, 7(1): 1-6.

CUARTERO, F., ALCARAZ-CASTAÑO, BAENA J., LÓPEZ-RECIO M., SANTONJA M. (2016): "The Micro-hinge Facetting at the Solutrean Site of Las Delicias (Madrid, Spain): a Special Technique for the Preparation of Platforms in Bifacial Reduction". Poster· September 2016. *Conference: 6th Annual Meeting of the European Society for the study of Human Evolution*. 14-17 September 2016 MADRID / SPAIN

CUARTERO MONTEAGUDO, F. (2012): "Sobre los "Rabots" o cepillos del mesolítico de muescas y denticulados: gesto de utilización e implicaciones tecnológicas". *Boletín de Arqueología Experimental*, (9).

CUARTERO MONTEAGUDO, F. (2014): *Percutores y retocadores: Interpretación de comportamientos técnicos en el Paleolítico medio peninsular desde el análisis del instrumental del tallador*. Tesis doctoral. UAM. Inédita

DIBBLE, H. L., & REZEK, Z. (2009): "Introducing a new experimental design for controlled studies of flake formation: results for exterior platform angle, platform depth, angle of blow, velocity, and force". *Journal of Archaeological Science*, 36(9): 1945-1954.

DOMANSKI, M., & WEBB, J. A. (1992): "Effect of heat treatment on siliceous rocks used in prehistoric lithic technology". *Journal of Archaeological Science*, 19(6): 601-614.

FAULKNER, A. (1972). *Mechanical principles of flintworking* (Doctoral dissertation, Washington State University.).

FERRING, R., OMS, O., AGUSTÍ, J., BERNA, F., NIORADZE, M., SHELIA, T., TAPPEN, M., VEKUA, A., ZHVANIA, D., & LORDKIPANIDZE, D. (2011): "Earliest human occupations at Dmanisi (Georgian Caucasus) dated to 1.85–1.78 Ma". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(26): 10432-10436.

GABUNIA, L., ANTÓN, S.C., LORDKIPANIDZE, D., VEKUA, A., JUSTUS, A., SWISHER, C.C., 2001. "Dmanisi and dispersal". *Evolutionary Anthropology* 10(5): 158 - 170.

INIZAN, M. L., & TIXIER, J. (2000): “L'émergence des arts du feu: le traitement thermique des roches siliceuses”. *Paléorient*, 23-36.

INIZAN, M. L., REDURON-BALLINGER, M., ROCHE, H., & TIXIER, J. (1995): *Technologie de la pierre taillée. (Préhistoire de la pierre taillée, 4)*. Meudon : C.R.E.P.

LACAVE HERNÁNDEZ, A. (2015): *Experimentación en Arqueología*. TFG – Universidad de la Laguna

MATHIEU, J. R. (2002): “Introduction”. In: J. R. Mathieu (ed.), *Experimental archaeology. Replicating past objects, behaviours, and processes*. BAR INT 1035. Oxford, 1-12

MERCIECA, A., & HISCOCK, P. (2008): “Experimental insights into alternative strategies of lithic heat treatment”. *Journal of Archaeological Science*, 35(9): 2634-2639.

MORGADO, A.; BAENA, J. (2011): “Experimentación, Arqueología Experimental y experiencia del pasado en la Arqueología actual”. En A. MORGADO, J. BAENA, D. GARCÍA (Eds.): *La investigación experimental aplicada a la arqueología*. Departamento de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada: pp. 21-27.

NAMI, H.G. (2011): “Reflexiones epistemológicas sobre Arqueología y tecnología lítica experimental”. En A. MORGADO, J. BAENA, D. GARCÍA (Eds.): *La investigación experimental aplicada a la arqueología*. Departamento de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada: pp. 37-43.

PELEGRIN, J. (2000). “Les techniques de débitage laminaire au Tardiglaciaire: critères de diagnose et quelques réflexions”. *L'Europe Centrale et Septentrionale au Tardiglaciaire. Confrontation des modèles régionaux*, 7: 73-86.

PÉREZ GONZÁLEZ, A. BAENA PREYSLER, J. MORÍN DE PABLOS, J. RUS, I., BAREZ, S., URIBELARREA, D. (2007): “El yacimiento Epipaleolítico de Parque Darwin proyecto de investigación geoarqueológica de la Comunidad de Madrid”. *Primer Simposio de la Investigación y Difusión Arqueopaleontológica en el Marco de la Iniciativa Privada: Madrid, Guadalajara 24 y 25 de octubre de 2007: Primer Simposio AUDEMA / coord. por JORGE MORÍN DE PABLOS, 2007, ISBN 84-611-4123-7 ,págs. 121-132*

POPPER, K. (1934): *The Logic of Scientific Discovery*. London. Hutchinson, 1959.

RISCO ZORITA, A. (2010): “La pieza 1304, propuesta de análisis de la industria macrolítica”. *Boletín De Arqueología Experimental* 8.

SANTACANA, J. (2013): “La Arqueología experimental: Luces y Sombras”. <https://didcticadelpatrimonicultural.blogspot.com.es/2013/12/la-arqueologia-experimental-luces-y.html> Publicado: 13th December 2013. Fecha de consulta: 20/10/2016

SCHMIDT, P., PORRAZ, G., BELLOT-GURLET, L., FEBRUARY, E., LIGOUIS, B., PARIS, C., TEXIER, J.-P., PARKINGTON, J. E., MILLER, C. E., NICKEL, K. G., & CONARD, N. J. (2015): “A previously undescribed organic residue sheds light on heat treatment in the Middle Stone Age”. *Journal of Human Evolution*, 85: 22-34.

WADLEY, L., & PRINSLOO, L. C. (2014): “Experimental heat treatment of silcrete implies analogical reasoning in the Middle Stone Age”. *Journal of Human Evolution*, 70: 49-60.