

---

# BOLETÍN DE ARQUEOLOGÍA EXPERIMENTAL 13

---



2018-2019

## **EDICIÓN**

Javier Baena Preysler

Nuria Castañeda Clemente

Concepción Torres Navas

## **COLABORADORES**

Laboratorio de Arqueología  
Experimental UAM

## **EXARC**

## **EXPERIMENTA**

Departamento de Prehistoria y  
Arqueología de la UAM.  
Servicio de Publicaciones de la  
Universidad Autónoma de Madrid.  
Facultad de Filosofía y Letras  
Ciudad Universitaria Cantoblanco  
28049 Madrid – Spain  
ed.baex@uam.es

ISSN electrónico: 2530-3554

<http://doi.org/10.15366/baexuam2018-19.13>

## **CONDICIONES EDITORIALES**

Esta revista tiene una periodicidad plurianual. Cada número del boletín será cerrado con los trabajos recibidos a lo largo del año siguiente.

Los originales deben entregarse en formato Word o compatible. La extensión aproximada de los trabajos oscila entre dos a 20 páginas, a doble espacio y letra estándar (Times New Roman o similar). Debe incluir Título, Autores, Filiación de los autores y su correo electrónico, Resumen en castellano e inglés, 4 palabras clave, en castellano e inglés. Las ilustraciones deben tener calidad suficiente y ocupar dos páginas como máximo. La bibliografía debe cumplir las normas que sigue el presente número. El carácter de esta revista es gratuito, pudiendo consultarse en:

[//http://www.uam.es/otros/baex/](http://www.uam.es/otros/baex/)

Esta publicación se enmarca dentro del proyecto: “*¿Cómo, quién y dónde?: variabilidad de comportamientos en la captación y transformación de los recursos líticos dentro de grupos neandertales-2. HAR2016-76760-C3-2-P*”

## **FOTOGRAFÍA DE PORTADA**

Concepción Torres Navas

---

## ÍNDICE

JAVIER BAENA PREYSLER, CONCEPCIÓN TORRES NAVAS Y ANTONI PALOMO: ¿Seguimos jugando cuando hablamos de arqueología experimental?.....	1
HEIDI HAMMOND Y MARÍA LAURA CIAMPAGNA: Estudio experimental de alteración térmica sobre exoesqueletos de moluscos marinos ( <i>Nacella magellanica</i> ) y sus implicancias para la interpretación de conjuntos arqueomalacológicos de concheros en Patagonia argentina.....	9
VERÓNICA ORTEGA CABRERA, VIRIDIANA GUZMÁN TORRES, EMILIANO R. MELGAR TÍSOC Y SERAFÍN SÁNCHEZ PÉREZ; Análisis tecnológico de los monolitos de piedra verde hallados en la Plaza de la Pirámide de la Luna, Teotihuacán.....	37
NURIA CASTAÑEDA CLEMENTE: Elaboración de nódulos en porcelana para experimentos de talla lítica.....	55
SABRINA ARMENIO: Experimental archaeology in Italy.....	69
BEATRIZ UGARTE VILLALBA: Elaboración de un arpón magdalenense: huellas de fabricación y uso a través de la arqueología experimental.....	85
LUCÍA ESPERANZA DORAL CHAPADO: Los métodos de iluminación durante el Paleolítico en la península Ibérica.....	103
AMDEMICAEL BEEMNET: La mínima emisión de CO <sub>2</sub> y evaporación del agua hacen que la arena sea un desengrasante apto.....	115

---



# ¿SEGUIMOS JUGANDO CUANDO HABLAMOS DE ARQUEOLOGÍA EXPERIMENTAL?<sup>1</sup>

*Are we going on playing when talking about Experimental Archaeology?*

Javier Baena Preysler<sup>2</sup>, Concepción Torres Navas<sup>3</sup> y Antoni Palomo<sup>4</sup>

## Resumen

En esta contribución realizamos una reflexión a fecha de hoy sobre el valor y significado que en la actualidad tiene la experimentación dentro de la Arqueología como herramienta de investigación. Desde nuestra disciplina la Arqueología Experimental se ha consolidado en buena parte de los trabajos científicos de primer nivel, así como en numerosos espacios destinados a la divulgación de nuestra disciplina. Sin embargo, aún padecemos muchos problemas que en general se centran en el reconocimiento del valor de la experiencia técnica y tecnológica dentro de la aplicación de esta disciplina.

**Palabras clave:** Arqueología Experimental, sociedad, difusión, experiencia.

## Abstract

In this contribution, we present a recent reflection about the value and sense of using experiments inside the archaeological research. From our discipline, Experimental Archeology has been consolidated in many scientific works, as well as in numerous centers destined to use Experimental archaeology for the dissemination of our discipline. However, we still suffer many problems mainly focus on the recognition of the value of technical and technological experience within the application of this discipline.

**Key words:** Experimental Archaeology, society, diffusion, expertise.

## 1. ARQUEOLOGÍA EXPERIMENTAL E INVESTIGACIÓN

Después de muchos años, la Arqueología Experimental se ha convertido en una herramienta científica de primera índole. En numerosas ocasiones, en el ámbito de las humanidades, las interpretaciones a partir del registro arqueológico, han dejado lugar a la sospecha. No sabemos si es la variable tiempo la que marca el grado de incertidumbre, o el lógico margen de inseguridad con el que nos movemos ante realidades pretéritas. En este sentido, es evocadora la escena que podemos extraer de Luke Winter (2016), responsable del Centro de

---

<sup>1</sup> Recibido: 09/02/2019 Aceptado: 11/05/2019 <http://doi.org/10.15366/baexuam2018-19.13.001>

<sup>2</sup> Dpto. Prehistoria y Arqueología. Universidad Autónoma de Madrid. Campus de Cantoblanco: 28049 Madrid. ORCID: 0000-0002-6373-8286. Javier.baena@uam.es

<sup>3</sup> Dpto. Prehistoria y Arqueología. Universidad Autónoma de Madrid. Campus de Cantoblanco: 28049 Madrid. ORCID: 0000-0001-5543-2271. Concepcion.torres@uam.es

<sup>4</sup> Museu d'Arqueologia de Catalunya. Passeig de Santa Madrona, 39-41: 08038, Barcelona. ORCID: 0000-0001-9954-7310. Antoni.palomo@gencat.cat

Tecnología Antigua en Dorset (Inglaterra) cuando compara el trabajo del arqueólogo con la construcción de un rompecabezas de cien mil piezas con el que intenta “*reunir los hilos de evidencia que sobreviven a los estragos del tiempo y buscar la imagen más completa de nuestro pasado*”. Es en este proceso de reconstrucción del pasado y construcción de imágenes donde la Arqueología Experimental se convierte en la herramienta que nos ayuda a poner muchas piezas en su sitio de manera rigurosa.

Dentro de este contexto científico, la experimentación ha venido a convertirse en una herramienta de validación dentro de la Arqueología y como hace años decíamos, en una actitud ante los problemas que la investigación histórica nos plantea (Baena, 1997).

Su campo de aplicación tiene fundamentos básicos: lo propiamente experimental con sus condicionamientos metodológicos (Baena y Terradas, 2005), la aproximación tecno funcional del pasado, la propia interpretación que del registro se hace con finalidad tanto científica como divulgativa (Tilden, 1977) y la aplicación en los Museos al aire libre y centros de interpretación (Paardekooper, 2015). Cada uno se centra en aspectos de procedimiento de carácter técnico y tecnológico, que repercute en la interpretación del yacimiento que puede promover la interacción entre especialistas y la sociedad representada por el público o los visitantes de un museo o centro.

A pesar del importante recorrido que esta metodología ha tenido, aún sigue siendo limitada su aplicación en España. Todavía es extraño que nuestros centros de educación superior apuesten por estos contenidos formativos de carácter experimental. Como ya señaló Morgado (Masriera y Palomo, 2009; Morgado y Baena, 2011), las inercias mercantiles vinculadas a esta herramienta tienden a banalizarla y menoscabar su verdadero valor como herramienta de investigación. Ejemplo de ello es la escasa inclusión de contenidos experimentales en los Grados o Másteres de Arqueología, Prehistoria o Patrimonio, o la excepcionalidad en la existencia de verdaderos laboratorios relacionados con la experimentación en la Arqueología. Cualquiera que haya podido viajar a centros y universidades como las de Leiden (Países Bajos), Oxford (Inglaterra) o el Instituto Max Planck (Alemania) entre otros, habrá comprobado el valor, la dotación y la utilidad que los laboratorios de Arqueología Experimental tienen allí. Incluso en el caso de que algunos centros educativos españoles se decanten por la apuesta de estos laboratorios, la inversión no es en absoluto equiparable a la de laboratorios de las llamadas Ciencia experimentales “duras”.

En muchas ocasiones, nos equivocamos plenamente cuando creemos que por el mero hecho de usar las manos o reproducir un objeto del pasado estamos llevando a cabo una investigación novedosa y por ello, estamos en condiciones de escribir un artículo científico. Debemos recordar que, en nuestro ámbito de investigación, todo experimento (o experiencia si es que no llegamos a ello) debe tener como objetivo la resolución de una hipótesis de partida referida al pasado o como mínimo al registro arqueológico.

Y no nos confundamos. La formación en destrezas o lo que es lo mismo, en oficios artesanos, es una herramienta excepcional para el reconocimiento del valor y significado del registro arqueológico, pero una cosa es la artesanía como valor de nuestro patrimonio cultural, otra el entretenimiento y, otra muy distinta la investigación. Incluso este aprendizaje de los procesos tradicionales transmitidos de generación en generación es una parte fundamental de la investigación cuando supone una inversión que podremos rentabilizar en el futuro al enfrentarnos con determinado tipo de registros.

Pero una vez más tropezamos en ocasiones con quienes entienden que el “*savoir faire*” o la destreza de especialistas experimentales, no merece el respeto adecuado. La interacción que alguien desde la investigación no experimental debe hacer con quienes disponen de destrezas técnicas y tecnológicas (talladores, metalúrgicos, ceramistas, etc.) debe pasar por el RESPETO y RECONOCIMIENTO del valor de su trabajo, como resultado acumulado de muchos años de práctica, ejercicio, adiestramiento y sobretodo de aprendizaje personal. No somos monos que estudia un equipo de primatólogos, ni artesanos a quienes se compra un souvenir o se encargan 50 réplicas a cambio de unas monedas o de un mero agradecimiento.

Es en otros ámbitos donde la experimentación en Arqueología aparentemente, sale mejor parada. Y es que la investigación arqueológica mediante procedimientos experimentales ha generado una línea de divulgación de enorme interés con una excepcional carga de transferencia científica hacia la sociedad. Nos referimos a las demostraciones o reproducciones de procesos de elaboración de objetos o herramientas ante el público, bien en talleres, o bien como forma de comunicación en los discursos museográficos de espacios de Arqueología y Patrimonio o incluso a través de los Medios Sociales.

## 2. ARQUEOLOGÍA EXPERIMENTAL Y MUSEOS

Es bien sabido que la política supone un escollo en temas científico-culturales que aparentemente pueden tener baja rentabilidad desde una óptica marcadamente neoliberal. Las políticas imprudentes son en buena medida, las que han lastrado las posibilidades de divulgación que tiene nuestro Patrimonio como pilar básico en la educación cultural de la sociedad. Frente al desarrollo de los Museos al Aire Libre (AOAM), como espacios de integración de la contrastación experimental y como impulsores de una interpretación rigurosa y científica del pasado, en base a años de investigación en Arqueología (y esto incluye la experimentación en nuestro campo), nuestro país ha perpetuado con escasa creatividad, un modelo divulgativo en los museos de escaso dinamismo y limitada capacidad de conexión con el visitante con propuestas que no se moldean a las necesidades del usuario.

Ejemplos de todo lo contrario los tenemos en buena parte de los Museos al Aire Libre integrados en la red europea EXARC (<https://exarc.net/members/venues>) aunque con excepciones, en la mayor parte de los casos, estos espacios se ubican fuera de nuestras fronteras. ¿Y que reúnen en esencia estos sitios? Rigor científico. El verdadero espíritu científico impregna la existencia y las dinámicas de estos espacios de interpretación y divulgación al gran público. Este rigor científico debe convivir con lo lúdico de manera ajustada. Lo importante es saber qué grado de sacrificio científico adoptamos en favor de nuestra capacidad para transmitir y divulgar el conocimiento del pasado de manera amena. Para ello, es el propio ámbito científico el que debe establecer los límites hasta los que puede llegarse en favor de la sensibilización y conocimiento del pasado. Estos dilemas nacen inherentes a los propios espacios museográficos, con la creación en 1891 del primer Museo al Aire Libre de Skansen, en Estocolmo (Suecia), se inicia este largo recorrido de conciliación entre lo ameno y lo auténtico.

Esta concordancia nos puede conducir a escenarios como, por ejemplo, el de una visita a un museo en el que una actriz ataviada adecuadamente explicará contenidos acerca del Calcolítico, interactuará con los visitantes explicando cómo era su vida hablando su propio idioma, pero obviamente durante ese momento histórico no se hablaba español o inglés. En

este sencillo ejemplo ¿cómo llegamos al rigor? No es fácil y en ocasiones el rigor no es compatible con otros condicionantes, pero la creatividad puede ayudarnos a superarlo. Para el ejemplo que exponemos, y siempre dependiendo del tipo de público al que nos enfrentemos, bastaría con un pequeño juego. Al presentarse la actriz podría expresarse con



una frase extraña, mientras que otro conductor explicase que en esa época comprensiblemente no se hablaban lenguas romances pero que gracias a la magia y realizando un conjuro “el que sea” seremos capaces de entenderla. Este pequeño ejemplo, pone de manifiesto la necesidad de que tanto científicos como especialistas en el campo de la interpretación, sumen al rigor científico, la capacidad lúdica de transmisión y comunicación al gran público. De lo contrario, de no darse este equilibrio, los museos se convierten en espacios en los que los académicos censurarán de manera lógica, un discurso museográfico poco riguroso.

*Figura 1. Museo al Aire Libre de Dorp Eindhoven (Holanda) donde encontramos fieles reproducciones y actores de recreación histórica*

Creatividad, atracción, participación, juego, comunicación, rigor o profesionalidad, son algunos de los elementos que deben guiar la acción divulgativa de estos centros. Elementos que todavía tiene un largo recorrido por hacer en nuestro territorio (Zielińska y Paardekooper, 2013).

El surgimiento de algunos de estos centros en España, es sin embargo una realidad. Aún, estando inicialmente avalados desde el ámbito cultural y científico, muchos centros de este tipo carecen de la necesaria conexión en el tiempo con la investigación local o regional. Y aun existiendo excepciones y, ejemplos de ello es el caso del Centro de Arqueología Experimental de Atapuerca, en Burgos o el Poblado Neolítico de la Draga en Banyoles

(Palomo *et al.*, 2017), en otros muchos casos, la aparición de estos mal denominados Centros de Interpretación, ha venido a convertirse en casi exclusivamente en una lícita forma de conseguir beneficios económicos, obviando la ética que rige estos espacios y que no es otra que la de contar historias basadas en el rigor científico.



*Figura 2. Reproducción experimental de cabaña neolítica en el CAREX de Atapuerca (Burgos)*

Y así descrito el panorama, ¿qué debe cambiar? Los conservadores de museos Duclos y Veillard (1992) tienen claro que, desde un punto de vista político, “cada sociedad, tiene los museos que se merece”. Y nos les falta razón si asumimos los obstáculos políticos en materias de Arqueología y Patrimonio. Sin embargo, asumida nuestra realidad, lo primero que debemos hacer es impulsar una formación académica en contenidos experimentales (especialmente en la educación superior, pero no únicamente en este tramo) como parte de una apuesta por la integración de la experimentalidad dentro de las disciplinas humanísticas, sin complejos ni miedos, y sobre todo con recursos. Por otro lado, es imprescindible que el ámbito científico asesore y colabore con las acciones de divulgación e interpretación que dentro del ámbito patrimonial se acometan. Debemos olvidarnos de perpetuar los modelos tradicionales de comunicación y de escasa interacción con los visitantes o participantes, en favor de modelos dinámicos, amenos, participativos y cocreativos. No basta con hacer algunos talleres los fines de semana. Es un problema de la forma en la que concebimos el diálogo con el público

### **3. ARQUEOLOGÍA EXPERIMENTAL Y MEDIOS SOCIALES**

Los Medios Sociales han llegado para quedarse y es una realidad asumida desde todos los ámbitos científicos, además de un eficaz instrumento de difusión de conocimiento. Estas

plataformas digitales son una fuente de información permanente, donde la Arqueología Experimental se ha sumado en los últimos tiempos a la difusión de contenidos, y lo ha hecho de manera autónoma, es decir, sin que se hayan interpuesto políticas culturales o medidas dirigidas al fomento de la difusión en la Red.

Centros educativos y de investigación como el Laboratorio de Arqueología Experimental (LAEX) de la UAM o la propia red europea EXARC, se suman a la forma más popular y masiva para que los contenidos científicos lleguen al público conservando su rigor científico. Para ello, la formación académica específica acerca del uso de los medios sociales (blogs, Facebook, Twitter, Instagram, YouTube, Flickr, etc.) muy probablemente sea en un futuro inmediato un valor esencial para comunicar y divulgar de manera efectiva, eficiente y a largo plazo. Dicho de otro modo, la figura del divulgador científico o *community manager* con formación en el uso de Redes Sociales, será una necesidad en aquellos centros que quieran difundir su trabajo con calidad.

En este sentido, desde los centros generadores de contenido científico debemos enfrentarnos a algunos de los problemas que van intrínsecos en el auge de estos medios digitales, siendo uno de los más importantes el “boom” de datos. Por poner algún ejemplo de la masificación de datos, cada 60 segundos se publican más de 300.000 mensajes en Twitter, hay más de 2.5 millones de visualizaciones en YouTube y más de 700.000 personas conectadas a Facebook (Kulesz, 2017). Frente a esta explosión de información masiva y efímera, debemos consolidar nuestros espacios digitales y ofrecer contenidos de calidad. Las plataformas que faciliten este traspaso riguroso de información consolidarán comunidades de seguidores sin riesgo a debilitarse y, además se convertirán en fuentes directas de información, es decir, lugares de acceso libre para la adquisición de conocimientos por parte de los ciudadanos.

Uno de los problemas que estos canales pueden tener, se centra en el control de cómo se jerarquiza la información a la que accede el visitante virtual. En ocasiones, al ser espacios abiertos, donde no existe un control de calidad sobre lo que desde los propios canales se autodenomina Arqueología Experimental, pueden difundirse contenidos lejanos al rigor científico que conducen al engaño de aquel que accede a una información adulterada. Es por ello que la procedencia de los contenidos es la única garantía de rigor que en estas plataformas podemos tener.



Figura 3. Fotograma de la producción audiovisual “Arqueología Experimental: elaborando un arpón” – LAEX UAM

Que los visitantes virtuales puedan recorrer los museos que se integran en la Red Digital de Colecciones de Museos de España es desde hace algunos años una realidad. Sin embargo, algunos centros, dan un paso más allá y focalizan sus esfuerzos en ofrecer al público interesado en la Arqueología, contenidos digitales de calidad donde la experimentación es el eje principal. En los últimos tiempos, las producciones audiovisuales que narran procesos de elaboración de herramientas u objetos del pasado se han convertido en el medio mejor valorado en medios sociales como Facebook, Twitter e Instagram. Con los recursos audiovisuales rigurosos se consigue una difusión de calidad donde no se deja nada a la improvisación.

A través de los medios sociales, la Arqueología Experimental que se realiza desde los centros de investigación se presenta como la antesala a los museos, a los objetos expuestos de manera estática. Son la ventana de los visitantes virtuales al mundo de la Ciencia en todas sus dimensiones. Son un escaparate que da vida a los objetos y cuentan su historia. El reto futuro será implementar estos recursos y gestionarlos de tal manera que el usuario no sea un simple elemento estático consumidor de contenidos, sino que se convierta en parte principal de éstos; participando de forma co-creativa e incidiendo de forma decidida en qué, cómo y para qué se socializa el conocimiento.

### **Bibliografía.**

BAENA, J. (1997): “Arqueología experimental, algo más que un juego” en *BAEX: Boletín de Arqueología Experimental*, 1: 2-5.

BAENA, J. y TERRADAS, X. (2005): “¿Por qué experimentar en arqueología?” En *Actas de los XV Cursos Monográficos sobre el Patrimonio Histórico* (Reinosa, julio 2004), pp. 141-160, Universidad de Cantabria, Santander.

DUCLOS, J.C. y VEILLARD, J. Y. (1992): “Museos de etnografía y política”. *Museum*, 175: 129-132.

KULESZ, O. (2018): “Las políticas culturales en la era de las plataformas digitales”. En UNESCO. *Re/Pensar las políticas culturales: creatividad para el desarrollo*: 71-85. [Online] <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000265419> [Fecha de último acceso: 17/05/2019]

MASRIERA, C. y PALOMO, A. (2009). “Arqueología experimental i difusió.”. *Cota Zero*, 24: 31-38.

MORGADO, A. y BAENA, J. (2011): “Experimentación, Arqueología experimental y experiencia del pasado en la Arqueología actual”. En *La Investigación Experimental aplicada a la Arqueología*, pp. 21-28. Universidad de Granada, Granada.

PAARDEKOOOPER, R. (2015): “Archaeological Open-Air Museums in Europe”. En K. RÜDIGER (ed.): *Archaeology and Crafts. Experiences and Experiments on traditional Skills and Handicrafts in Archaeological Open-Air Museums in Europe*, pp. 127-136. Albersdorf, Husum.

PALOMO, A., PIQUÉ, R., TERRADAS, X., BARCELÓ, J. A., RODRÍGUEZ, J. A., BUCH, M., JUNKKMANN, J., de DIEGO, M. y LÓPEZ, O. (2017): “Research, Experimentation and Outreach in the Early Neolithic Site of La Draga (Banyoles-Spain)”, *EXARC Journal Digest* 2017-2: 20-23.

TILDEN, F. (1977): *Interpreting our heritage*. 3ª Edición. University of North Carolina Press, Chapel Hill.

WINTER, L. (2016): “Playing with the Past? Or Saving Our Future?”. *EXARC Journal*, 2016, 1 [Online] <https://exarc.net/issue-2016-1/aoam/playing-past-or-saving-our-future> [Fecha de último acceso 17/05/2019].

ZIELINSKA, M.A. y PAARDEKOOPEL, R.P. (2013): *Communication Strategy–Strategic Public Relations for Archaeological Open-Air Museums*. EXARC: Leiden.

---

# ESTUDIO EXPERIMENTAL DE ALTERACIÓN TÉRMICA SOBRE EXOESQUELETOS DE MOLUSCOS MARINOS (*NACELLA MAGELLANICA*) Y SUS IMPLICANCIAS PARA LA INTERPRETACIÓN DE CONJUNTOS ARQUEOMALACOLÓGICOS DE CONCHEROS EN PATAGONIA ARGENTINA<sup>5</sup>

*Experimental study of thermal alteration on exoskeletons of marine molluscs (*Nacella magellanica*) and its implications for the interpretation of arqueomalacological assemblages of shell middens in Patagonia argentina*

Heidi Hammond<sup>6</sup> y María Laura Ciampagna; **Error! Marcador no definido.**<sup>7</sup>

## Resumen

Se presentan los resultados del programa experimental realizado sobre exoesqueletos calcáreos actuales de *Nacella magellanica* (Patellidae, Gasteropoda). Esta especie de molusco es una de las principales que compone los concheros arqueológicos en Patagonia continental argentina. Se buscó obtener evidencias de rasgos diagnósticos y modificaciones generadas sobre los exoesqueletos como consecuencia del proceso de exposición térmica. Diferentes muestras fueron sometidas a la quema controlada bajo condiciones de laboratorio en una mufla con termocupla digital para obtener mayor control sobre las temperaturas (de 0°C a 700°C). Se llevó a cabo el análisis estructural, cromático y textural de las muestras expuestas al calor. Se realizó una primera aproximación a la aplicación de los indicadores obtenidos en el trabajo experimental para el estudio y la interpretación de conjuntos arqueomalacológicos recuperados en excavaciones sistemáticas en concheros de la costa norte de Santa Cruz, Patagonia argentina. Esta información se complementó con estudios antracológicos de carbones recuperados en los mismos sitios. La contrastación de los resultados experimentales y de los restos arqueomalacológicos permitió estimar que las conchas arqueológicas habrían estado sometidas hasta temperaturas de entre 300°C y 400°C. Finalmente, se destaca la importancia del enfoque experimental para comprender características de materiales que conforman los sitios arqueológicos.

---

<sup>5</sup> Recibido el 04/04/2018. Aceptado el 08/01/2019. <http://doi.org/10.15366/baexuam2018-19.13.002>

<sup>6</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). División Arqueología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. Paseo del Bosque S/N, La Plata, Argentina. ORCID: 0000-0003-0351-5993. E-mail: [heidihammondunlp@gmail.com](mailto:heidihammondunlp@gmail.com)

<sup>7</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). División Arqueología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. Paseo del Bosque S/N, La Plata, Argentina. ORCID: 0000-0003-3305-7145. E-mail: [mlciampagna@gmail.com](mailto:mlciampagna@gmail.com)

**Palabras clave:** Arqueología experimental; acción térmica; *Nacella magellanica*; arqueomalacología; Patagonia continental argentina.

### **Abstract**

The results of the experimental program on current calcareous exoskeletons of *Nacella magellanica* (Patellidae, Gasteropoda) are presented. This species of mollusc is one of the main that composes the archaeological shell middens in continental Patagonia argentina. We sought to obtain evidence of diagnostic features and modifications generated on the exoskeletons as a consequence of the thermal exposure process. Different samples were submitted to controlled burning under laboratory conditions in a muffle with digital thermocouple to obtain greater control over temperatures (from 0°C to 700°C). Structural, chromatic and textural analysis of samples exposed to heat were carried out. A first approach to the application of the indicators obtained in the experimental program for the analysis and interpretation of arqueomalacológicas assemblages recovered in systematic excavations in shell middens on the northern coast of Santa Cruz, Patagonia Argentina, was performed. This information was complemented with anthracological studies of carbons recovered in the same sites. The analysis of the experimental results and archaeomalacological remains allowed us to estimate that archaeological shells would have been subjected to temperatures of between 300°C and 400°C. Finally, the importance of the experimental approach is highlighted to understand characteristics of materials that make up the archaeological sites.

**Key words:** Experimental archaeology; thermal action; *Nacella magellanica*; archaeomalacology; continental Patagonia argentina.

## **1. INTRODUCCIÓN**

En el territorio argentino los sitios arqueológicos concheros se distribuyen a lo largo de las costas de Patagonia continental y Tierra del Fuego (Arrigoni y Paleo, 1992; Castro *et al.*, 2003; Gómez Otero, 2006; Favier Dubois y Borella, 2007; Muñoz *et al.*, 2009; Orquera y Piana, 1999a, 2000, 2001; Álvarez *et al.*, 2011; Zubimendi *et al.*, 2005, 2015; Hammond *et al.*, 2013; Santiago *et al.*, 2015; Zangrando *et al.*, 2014; Hammond, 2015; entre otros). En Patagonia continental los concheros están conformados, entre otros materiales, por diversas especies de moluscos con valor alimenticio entre las que predominan los Venéridos hacia el norte, y especies de mitílidos -*Mytilus edulis* y *Aulacomya atra*- y gasterópodos -*Nacella magellanica*- hacia el sur en asociación a la provincia biogeográfica Magallánica y mesolitorales duros (Zubimendi *et al.*, 2015). En Tierra del Fuego los conchales están formados principalmente por mitílidos de la especie *Mytilus edulis* (Orquera y Piana, 1992, 2000, 2001).

En el área de estudio de la costa norte de la provincia de Santa Cruz (CNSC; Figura 1) las tres especies principales de moluscos seleccionadas como alimento por los grupos cazadores recolectores fueron el gasterópodo *Nacella magellanica* (Lapa), y los bivalvos *Aulacomya atra* (Cholga) y *Mytilus edulis* (Mejillón) (Zubimendi, 2012; Hammond, 2013, 2015;

Hammond y Zilio, 2016a). En los concheros los moluscos fueron explotados y procesados fundamentalmente con fines alimenticios. Generalmente en este tipo de sitios costeros es posible identificar evidencias de áreas de combustión (Pique i Huerta, 1999; Ortega y Marconetto, 2009; Ciampagna, 2015), las cuales pueden relacionarse con la cocción de los mariscos y otros recursos para la subsistencia, con el uso del fuego para la apertura de las especies de bivalvos y con la realización de diferentes actividades sociales cotidianas cercanas a estas áreas, las cuales son una fuente potencial de luz y calor (Pique i Huerta, 1999:49).

En los concheros de la CNSC no se han diferenciado estructuras discretas de combustión o fogones (Ciampagna, 2015), sino que los restos antracológicos producto de la quema de maderas generalmente se presentan como mantos continuos y planos (concentración de carbones) o áreas de combustión (*sensu* Pique i Huerta, 1999:126). Se identificaron evidencias de procesos de combustión en los sitios a partir de la presencia de materiales arqueológicos termoalterados, como restos óseos faunísticos, artefactos líticos y residuos como fragmentos de carbón disperso y cenizas (Hammond, 2015:542-543).

Diversos estudios experimentales acerca de los efectos de la exposición térmica sobre exoesqueletos de moluscos han sido desarrollados con el fin de interpretar las temperaturas a las que fueron expuestos los materiales en las áreas de combustión de los sitios y los efectos de la acción térmica en los restos (Bonizzoni *et al.*, 2009; Villamarzo, 2009; Villagrán *et al.*, 2011). Estas investigaciones tienen implicancias en los análisis tafonómicos y de fragmentación de los materiales (Claassen, 1998; Gutiérrez Zugasti, 2008a; Villagrán, 2011), en la evaluación de posibles prácticas de cocción o tratamiento de los alimentos para el consumo (Stiner *et al.*, 2003) y en el análisis de las formas de uso del espacio en el pasado.

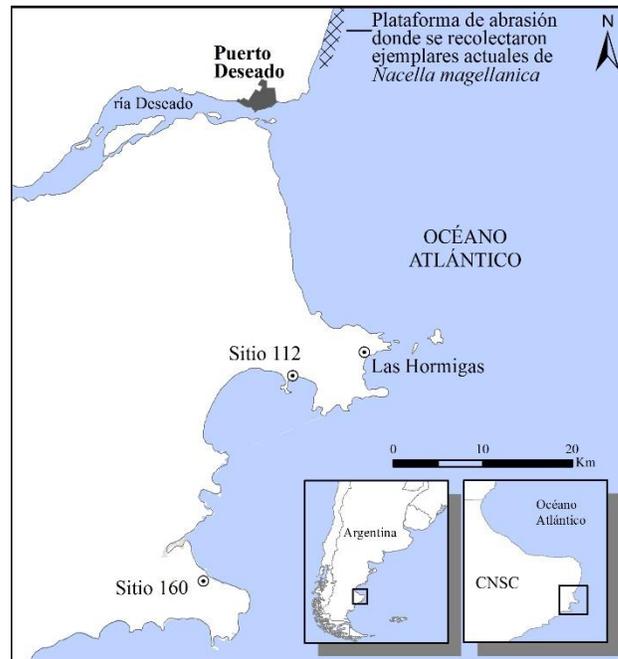


Figura 1. Área de estudio, ubicación de los concheros analizados y de la plataforma de abrasión donde se recolectaron los moluscos de la especie *Nacella magellanica*

El objetivo de este trabajo es analizar las modificaciones generadas sobre el exoesqueleto calcáreo del molusco de la especie *Nacella magellanica* (Patellidae, Gasteropoda) e

identificar rasgos diagnósticos como producto del proceso de alteración térmica. Se pretende desarrollar un esquema de las alteraciones que sufren los exoesqueletos expuestos al calor que pueda servir para realizar comparaciones y formular hipótesis sobre los efectos de la exposición térmica de los moluscos recuperados en sitios arqueológicos. Para ello se desarrolló un programa experimental con conchas actuales de *Nacella magellanica*. Se espera que los resultados obtenidos aporten datos para la realización de estudios tafonómicos de restos malacológicos recuperados en contextos arqueológicos tanto de Patagonia como de otras partes del mundo donde también se han identificado ejemplares de moluscos de la familia Patellidae en sitios costeros (Jerardino, 1997; Cabral *et al.*, 2003; Gutiérrez Zugasti, 2008a; entre otros).

Finalmente, se presenta una aproximación a las implicancias de los resultados del trabajo experimental en el análisis e interpretación de muestras arqueológicas obtenidas a partir de excavaciones sistemáticas en concheros del área CNSC (Fig. 1). En este sentido, se incluyen en la discusión los resultados de los estudios antracológicos de carbones recuperados en los concheros (Ciampagna, 2015, 2016).

## **2. LA ESPECIE MALACOLÓGICA NACELLA MAGELLANICA**

Los moluscos de la especie *Nacella magellanica* presentan un exoesqueleto calcáreo o concha univalva del tipo patelliforme; sólida, cónica, generalmente algo aplastada en el ápice, sin enroscamiento, simétrica y con abertura grande ovalada a circular. La superficie externa consta de costillas radiales y/o escultura concéntrica y el interior de la concha es nacarado (Figura 2; Otaegui, 1974; Aguirre y Farinati, 2000:255). El exoesqueleto presenta microestructura foliada calcítica, y de acuerdo a estudios de conchas de lapas (Patellogastropoda, subclase que incluye los organismos del género *Nacella*) estas poseen cinco capas laminadas. Estas capas se dividen en exteriores e interiores por un miostraco que corresponde a la inserción de los músculos en la concha. Cada una de estas capas se inclina a pequeños ángulos de acuerdo a la morfología del exoesqueleto y su distribución es visible como en anillos concéntricos en vista ventral (Cohen y Branch, 1992; Fuchigami y Sasaki, 2005; Suzuki *et al.*, 2010). La capa más externa se compone de sub-granos, con una pequeña variación de orientación de los cristales (Fuchigami y Sasaki, 2005).

Estos organismos se movilizan de manera lenta y pasiva, y se distribuyen preferentemente en plataformas de abrasión rocosas en el intermareal medio y superior. La concha funciona principalmente en la protección mecánica y/o termodinámica de las partes blandas del animal.

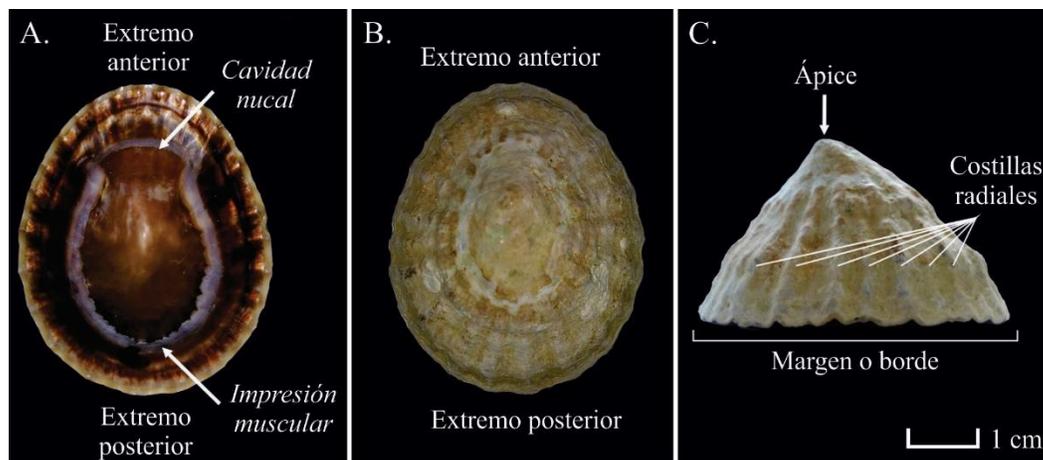


Figura 2. A. Cara interna y orientación de la concha de *Nacella magellanica*. B. Cara externa. C. Vista lateral externa.

### 3. ANTECEDENTES SOBRE LA RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE GASTERÓPODOS PATELLIFORMES

#### 3.1. Recolección

Son escasos los antecedentes acerca de la recolección de moluscos patelliformes por las poblaciones en el pasado. Para la recolección manual de individuos de especies móviles, como *Nacella magellanica*, se habrían empleado instrumentos para desprender los moluscos del sustrato duro al que viven adheridos. Los instrumentos podrían haber estado representados por artefactos líticos (Pailler *et al.*, 2007; Gutiérrez Zugasti, 2008b), por palos biselados u horquillas espatuladas, tal como fue observado entre los grupos Selk'nam de Tierra del Fuego, o por algún otro tipo de artefacto de materia prima resistente, como por ejemplo hueso (Gusinde, 1986 [1937]; Orquera y Piana, 1999b).

Diversos autores han sugerido que la presencia de roturas o signos de impacto en conchas patelliformes recuperadas en contextos arqueológicos podrían corresponder a evidencias generadas como consecuencia del proceso de recolección de los moluscos (Angelbeck, 2011; Orton y Halkett, 2006; Orton *et al.*, 2012; Verdún, 2014; Hammond, 2013, 2015; Hammond y Zilio, 2016b). Recientemente se llevó a cabo un estudio experimental de recolección de moluscos de la especie *Nacella magellanica* en la CNSC. Se interpretó que las roturas y evidencias de impacto en los conjuntos arqueomalacológicos de concheros efectivamente podrían ser consecuencia de la aplicación de golpes producidos con el empleo de instrumentos de materia prima dura por los grupos humanos durante el proceso de recolección de esta especie de gasterópodo para generar su desprendimiento de las plataformas de abrasión rocosas (Hammond y Zilio, 2016b).

### 3.2. Procesamiento

Diversas especies de mitílidos, como por ejemplo *Mytilus edulis* o *Aulacomya atra*, deben ser sometidas al calor para producir la apertura de las valvas, las cuales se cierran fuertemente al ser recolectadas. En el caso de las lapas y los caracoles, el calentamiento no es necesario o requiere un tiempo menor que los mitílidos. Las informaciones etnográficas del siglo XIX señalan que los grupos Yaganes de Tierra del Fuego cocinaban los mejillones al calor del fuego o al rescoldo, en tanto las lapas podían ser sometidas a ese mismo procedimiento o ser comidas crudas (Orquera, 1999).

## 4. ANTECEDENTES SOBRE LOS EFECTOS DE LA ALTERACIÓN TÉRMICA EN EXOESQUELETOS CALCÁREOS DE MOLUSCOS

La mineralogía de la concha, la temperatura y la duración de la exposición al calor son variables que influyen en las transformaciones que pueda sufrir el exoesqueleto calcáreo (Gaffey *et al.*, 1991). En los exoesqueletos expuestos al calor se genera la alteración de la estructura cristalográfica y la textura. Los restos termoalterados se fracturan más fácilmente y se produce la pérdida de peso debido al daño de la estructura y la pérdida de humedad (Gaffey *et al.*, 1991; Claassen, 1998; Maritan *et al.*, 2007; Faulkner, 2011). Se ha postulado que los cambios microestructurales de las conchas comienzan a observarse aproximadamente a partir de los 200°C. Alrededor de 650°C generalmente la estructura interna de las capas de crecimiento tiende a desaparecer, mostrando un aspecto interno uniforme y desarrollándose sistemáticamente pequeños poros redondeados. El número y el tamaño de poros en la estructura de los exoesqueletos se incrementará a medida que aumenta la temperatura de exposición, llegando a transformarse en fisuras, grietas y laminación de la estructura en materiales expuestos a altas temperaturas (Maritan *et al.*, 2007). Cuanto más altas sean las temperaturas a las que se exponen los exoesqueletos, más rápidamente se producirá el deterioro y, en última instancia, la ruptura de los mismos (Claassen, 1998; Villamarzo, 2009; Bonizzoni *et al.*, 2009; Villagrán *et al.*, 2011; Villagrán, 2014).

A nivel macroscópico, los exoesqueletos calcáreos afectados por acción térmica presentan un cambio en la coloración original (Villamarzo, 2009; Villagrán *et al.*, 2011). El proceso de carbonificación identificado en sitios arqueológicos se relaciona con la cocción de los moluscos directamente sobre el fuego, lo que produce el enriquecimiento en carbono de las conchas, que generalmente son cubiertas por una capa de sedimento muy fino de color gris (Gutiérrez Zugasti, 2008a).

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

Ejemplares actuales de *Nacella magellanica* fueron recolectados por una de las autoras en plataformas de abrasión ubicadas al norte de la ciudad de Puerto Deseado, en el área CNSC (Figura 1). Luego de la recolección los individuos fueron introducidos en agua a 100°C durante alrededor de un minuto y posteriormente se extrajo la carne.

Se seleccionaron siete muestras, cada una de ellas conformada por 20 conchas de *Nacella magellanica*, las cuales fueron pesadas y luego sometidas a la quema controlada con el fin de reconocer la acción de la termoalteración en los exoesqueletos.

El programa experimental consistió en la quema controlada de las siete muestras de exoesqueletos calcáreos sin carne con una mufla y termocupla digital para obtener mayor control sobre las temperaturas. Las muestras se sometieron a temperaturas sucesivas desde los 0°C a los 700°C. Los siete conjuntos fueron introducidos en el mismo momento en la mufla que se programó para que cada 100°C permanezca en la temperatura deseada durante 15 minutos. Una vez extraídas del horno las conchas fueron pesadas para calcular el porcentaje de pérdida de peso producido por la quema.

Se llevó a cabo el análisis estructural, cromático y textural sobre cada una de las muestras. Los exoesqueletos se observaron en una lupa binocular con cámara fotográfica acoplada (x5, x20 y x40 aumentos). Para la realización del análisis cromático, las muestras se compararon con una escala de colores *Munsell* y se fotografiaron.

A partir del análisis textural se analizó la aparición de cambios en el exoesqueleto y en la morfología de cada una de las conchas expuestas a las distintas temperaturas. Este estudio se realizó con el fin de poder complementar dicha información con las transformaciones identificadas en el color y relacionar estos resultados con las temperaturas involucradas. Las variables texturales consideradas fueron: presencia de fisuras, grietas (longitudinales, transversales y múltiples), fracturas, puntos blancos, descascaramiento /exfoliación y levantamientos de la película superficial.

Entre los parámetros texturales se analizó: la conservación de la dureza, el aspecto del margen o borde (anguloso o redondeado), la cohesividad de los componentes o consistencia (dura, compacta, frágil y/o porosa), la adhesividad, la uniformidad y la aparición de aspecto pulverulento en la superficie externa.

En cuanto a la alteración térmica se clasificó las evidencias en distintos grados: sin alteración, quemado, carbonizado y calcinado. También se registró la situación de la alteración, en el sentido de si las modificaciones afectan a la cara interna y/o externa de la concha, el borde o margen y/o el sector del ápice.

Con el fin de contrastar los resultados del programa inicial se llevaron a cabo cuatro controles experimentales. Se buscó registrar la incidencia del tiempo y la temperatura de exposición al calor. Para ello, cuatro muestras de exoesqueletos fueron sometidas a 100°C, 200°C, 300°C y 500°C y las modificaciones producto del calentamiento se compararon con los obtenidos inicialmente.

Posteriormente, se estudiaron conjuntos arqueomalacológicos obtenidos a partir de excavaciones sistemáticas en tres concheros en la CNSC y se analizó la presencia de evidencias de termoalteración en los restos. Los resultados obtenidos se compararon con los derivados del programa experimental.

Para los concheros analizados se cuenta con antecedentes del estudio de los materiales antracológicos recuperados en las excavaciones, los cuales fueron integrados en la discusión de este trabajo. Se identificaron diversos *taxa* de una muestra de carbones de cada sitio siguiendo una curva de riqueza específica (Chabal, 1988, 1990; Badal García, 1992) y su comparación con material de referencia del área de estudio. Se tuvieron en cuenta los

resultados de un trabajo previo de carbonización experimental de leños del área de estudio en el que se registraron los rasgos diagnósticos postcarbonización a 400°C y 700°C. De estos estudios se obtiene una estimación de las temperaturas logradas en los sitios a partir de la presencia de aberturas en radios, vasos y anillos de las maderas empleadas para la combustión (Ciampagna, 2015, 2016).

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Resultados del análisis cromático y textural

*Muestra 1:* 100°C. A simple vista no se observan cambios morfoestructurales, texturales, ni en la coloración de las conchas. En la observación bajo lupa tampoco se registraron alteraciones. Se preserva la coloración y los rasgos originales del exoesqueleto.

*Muestra 2:* 200°C. No se registran cambios morfoestructurales, texturales ni en la coloración de la cara externa de las conchas. En algunos de los ejemplares se observaron escasas microfisuras en el sector de la impresión muscular del molusco sobre la cara interna del exoesqueleto.

A 100°C y 200°C se preservan los signos de las impresiones musculares, así como la coloración bandeada característica de la especie. El color original de la concha se preserva tanto en la cara externa como en la interna (Figura 3).

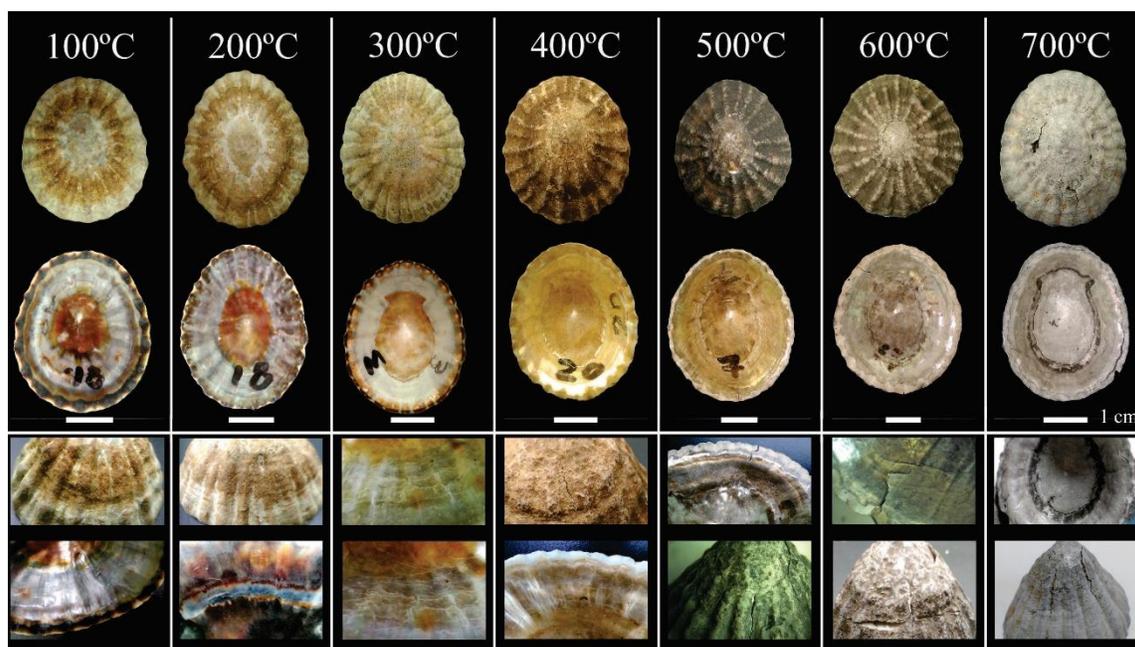


Figura 3. Proceso de modificación de las conchas *Nacella magellanica* expuestas a temperaturas de entre 100°C y 700°C.

*Muestra 3:* 300°C. Se inicia un cambio en el color original del exoesqueleto calcáreo. A esta temperatura las conchas tienden a adquirir un color marrón claro/natural en la superficie externa. Los cambios más notables en la coloración se desarrollan en la cara interna, en la cual la superficie se torna de color natural/beige con mucho brillo (Figura 3). Además, se

comienzan a perder los signos de las impresiones musculares del gasterópodo. El borde preserva parcialmente el color original en la mayoría de los casos y la zona del ápice (por encima de la impresión muscular) se presenta de color natural/marrón claro con brillo. En la cara interna se desarrollan microfisuras longitudinales, transversales (concéntricas) y múltiples en toda la superficie. Se aprecia un craquelado o reticulado de la capa superficial y en algunos casos fracturas y levantamientos de fragmentos angulares muy pequeños.

Las conchas se encuentran bien preservadas, se distinguen las costillas radiales sin modificaciones y no hay cambios texturales importantes. El borde de las conchas se preserva en todos los casos (no se registran fisuras ni fracturas). Sin embargo, a esta temperatura ya se aprecia un leve debilitamiento de los exoesqueletos y una pérdida de peso, aunque poco significativa (Tabla 1).

*Muestra 4:* 400°C. En este caso se acentúan los cambios de coloración que comienzan a desarrollarse a 300°C. La concha adquiere color marrón claro a oscuro en la superficie externa, en tanto que en la cara interna se desarrolla un color marrón claro/beige en toda la superficie con brillo homogéneo. Un cambio a resaltar es que a 400°C el borde en la cara interna cambia de color, hacia el natural, marrón claro o crema y pierde totalmente la coloración original (Figura 3). También es posible delimitar el borde o margen del resto de la estructura a partir de este cambio en su coloración. A esta temperatura la estructura aún conserva su forma compacta. El calentamiento hasta 400°C produce un aumento del brillo en la superficie interna de la concha. En la cara externa hay evidencias de exfoliación o descascaramiento en el borde, se desprenden pequeñas escamas en la terminación de las costillas radiales sobre el margen. En el sector del ápice se desarrollan puntos blancos de daño y fisuras finas que remarcan el contorno del ápice, a partir de las cuales se originan fisuras longitudinales entre las costillas radiales, que en algunos casos evolucionan a grietas (Figura 4). En la zona del ápice se registraron evidencias de exfoliación, ya que pequeños fragmentos superficiales se laminan y se desprenden a partir del daño inicial generado por el desarrollo de las fisuras.

En la cara interna se genera un craquelado de la superficie con gran cantidad de fisuras múltiples y largas fisuras concéntricas paralelas al borde. Este craquelado es más pronunciado que en el conjunto expuesto a 300°C. En el sector de la inserción muscular, donde también se desarrolla esta modificación, fue posible observar bajo lupa la pérdida de pequeños fragmentos superficiales (Figura 4). En este caso igualmente se registra una leve pérdida de peso de la muestra y un debilitamiento de los exoesqueletos posiblemente por el inicio de la pérdida de contenido de humedad debido a la quema (Tabla 1).

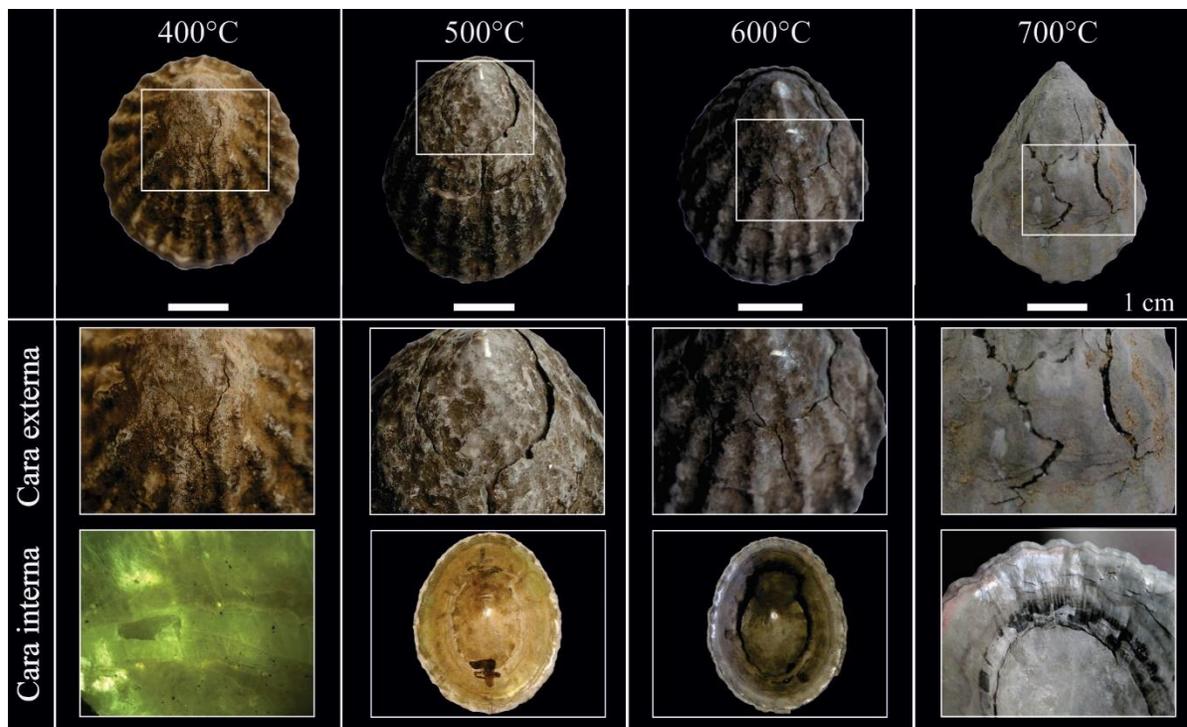


Figura 4. Alteraciones en las conchas de *Nacella magellanica* expuestas a temperaturas de entre 400°C y 700°C.

*Muestra 5: 500°C.* A partir de esta temperatura se produce un importante cambio en la coloración externa de las conchas tornándose, a simple vista, de color gris oscuro a negro (Figuras 3 y 4). Hay un oscurecimiento marcado en la coloración de la superficie externa que contrasta con el intervalo de temperatura anterior. Este cambio cromático puede estar relacionado con la pérdida de agua del exoesqueleto y con la carbonización de la matriz orgánica. Los exoesqueletos presentan estado frágil y en algunos los bordes se fracturan y se pierden pequeños fragmentos. La textura externa es porosa.

En casi la totalidad de los ejemplares de la muestra (95%) se observa un patrón de modificación en la cara externa. Este se caracteriza por la presencia de fisuras en el contorno del ápice (remarcan su forma ovalada) y la presencia de pequeñas fisuras longitudinales, que parten desde las anteriores y se desarrollan entre las costillas radiales (Figura 4). Además, en los laterales de estas fisuras se desarrollan, en algunos casos, fisuras transversales finas y cortas.

En algunas conchas se registraron principios de exfoliación o laminación de la superficie externa, siempre en cercanías del ápice. A partir de la aparición de las fisuras, la superficie alterada comienza a levantarse y se produce la pérdida de fragmentos. En la cara externa también se observaron evidencias de exfoliación en el borde, en el cual pequeñas escamas se desprenden en la terminación de las costillas radiales sobre el margen. Sin embargo, las costillas conservan su apariencia original, aunque las conchas en general se hallan en un estado frágil.

La cara interna de la concha es de color marrón/gris brillante y este color es homogéneo en toda la superficie, excepto en el borde fino que se vuelve de color blanco/gris claro como

consecuencia de la calcinación (Figuras 3 y 4). En algunas conchas el sector del borde presenta una fisura que lo delimita, por lo cual se fracturan pequeñas porciones de esta zona.

En la cara interna se observan múltiples microfisuras de la capa superficial y las capas más profundas de la estructura calcárea, así como pequeñas pérdidas de material, principalmente en la zona de la impresión muscular (fragmentos angulares). El sector de la impresión muscular en algunas de las conchas (n=8) se daña y se separa de la estructura. En dos exoesqueletos se observaron largas fisuras paralelas al borde y la presencia de grietas profundas perpendiculares a los bordes, debido a la profundización de fisuras. A 500°C las conchas se hallan carbonizadas y el borde calcinado.

*Muestra 6:* 600°C. En la cara externa las conchas adquieren color gris en la zona del ápice y hacia los bordes color gris oscuro a negro. En la superficie interna el color es gris claro muy brillante (con apariencia plateada; Figuras 3 y 4).

La concha en general se vuelve friable y frágil. El margen en todos los casos se presenta de color blanco y calcinado. En algunos exoesqueletos el borde se comienza a separar del resto de la estructura a partir de una fisura profunda que lo delimita claramente en todo el contorno. La aparición de fisuras y en algunos casos de grietas perpendiculares al borde, hace que fragmentos pequeños del margen se desprenden fácilmente.

En la cara externa se acentúa el patrón registrado a 500°C, se observan las fisuras múltiples con patrón dendrítico en torno al ápice, la aparición de fisuras dendríticas finas en el ápice y múltiples fisuras longitudinales (entre costillas radiales) y transversales de diferente grosor, algunas de ellas llegan a convertirse en grietas. En algunas conchas se desarrollan fisuras cortas paralelas al borde, tanto en la cara externa como en la interna.

Los exoesqueletos en general están muy debilitados. En dos de las conchas se registró la fractura del ápice (este fragmento se desprendió del resto de la estructura, fracturándose en el sector de la impresión muscular). Los exoesqueletos han perdido la humedad, se encuentran frágiles, deshidratados y se fracturan fácilmente. A pesar del debilitamiento y las modificaciones del color y la textura, es posible apreciar la escultura de la concha y las costillas radiales.

Hay evidencias de exfoliación o laminación y pérdida de pequeños fragmentos angulares de la capa calcárea externa que se desarrollan a partir de fisuras. Este hecho se registra en todos los casos en la zona del ápice y en cercanías del mismo. En algunos casos también se observó la pérdida de fragmentos en el sector de finalización de las costillas radiales sobre el borde.

En la cara interna, las conchas presentan fisuras múltiples en distintas direcciones: longitudinales, transversales y cruzadas. Bajo lupa se observa un craquelado profundo de la microestructura y pérdida de fragmentos angulares en capas o láminas que se han fisurado (a 500°C estas microfisuras y microfracturas afectaban la capa más superficial y capas más profundas solo en el sector de la impresión muscular). La impresión muscular del molusco se fisura y se desprende notoriamente en pequeños fragmentos en la mayoría de los exoesqueletos. Se registraron grietas perpendiculares al borde de la concha a partir de las cuales se separan fragmentos laminares.

*Muestra 7:* 700°C. La coloración se torna gris-blanquecina como consecuencia de la calcinación (Figuras 3 y 4). Esta característica está acompañada por la pérdida de la cohesión interna y el estado muy frágil de la microestructura. La estructura interna de las capas de

crecimiento tiende a desaparecer y se fracturan partes de los bordes calcinados. La textura de la cara externa es porosa, áspera y pulverulenta, se desprende un fino polvo conformado por la descomposición del  $\text{Ca}_3\text{Co}$ . Se observa un deterioro general de las conchas, una deshidratación total y una alta friabilidad de toda la estructura.

En la cara externa se reconoce bajo lupa un patrón de fisuras y grietas. Las fisuras dendríticas se distribuyen en el sector del ápice y en torno al mismo, y en la mayoría de las conchas también se registra una grieta que resalta la morfología ovalada del ápice. Desde el ápice y hacia los bordes se desarrollan fisuras y en algunos casos grietas entre las costillas radiales, y a su vez fisuras paralelas al borde en el resto de la estructura calcárea, que cortan perpendicularmente a las costillas radiales. Se identificaron fisuras concéntricas paralelas al borde tanto en la cara externa como en la cara interna de la concha (Figura 4).

En el sector del ápice y en la finalización de las costillas radiales en el borde de la concha, se relevaron signos de exfoliación o descascaramiento de la capa superficial. En el ápice la pérdida de fragmentos se genera a partir del levantamiento de material producto de la apertura y daño generado por las fisuras. En dos conchas se produjo el desprendimiento del ápice por fractura, esta es la parte más debilitada del exoesqueleto.

La cara interna presenta color gris claro mate, con algunos sectores con brillo (Figura 4). Macroscópicamente la cara interna posee el color gris mencionado, aunque la línea de la impresión muscular resalta notoriamente al presentarse de color gris oscuro/negro (Figura 4).

En la cara interna se observaron bajo lupa fisuras múltiples, grietas y fisuras paralelas al borde, deslaminación de las capas de crecimiento y fracturas y pérdidas de material. También se relevó en algunos casos la presencia de grietas profundas que se desarrollan en los bordes, paralelas a las costillas radiales. La zona de la impresión muscular se encuentra fisurada, fracturada y con pérdidas de fragmentos angulosos.

El borde posee color gris claro, se halla calcinado y en muchos casos se comienza a separar del resto de la estructura debido a la profundización de la fisura que lo delimita en todo su contorno.

En la Tabla 1 se presenta una síntesis de las modificaciones sufridas por los exoesqueletos expuestos a temperaturas de entre  $100^\circ\text{C}$  y  $700^\circ\text{C}$ , se consigna el peso inicial y postexposición de cada una de las muestras malacológicas expuestas al calor, así como el color, las características texturales y la descripción de otros aspectos específicos.

## **6.2. Controles experimentales**

Control 1: cuatro muestras ( $n=3$  conchas) fueron colocadas en el horno hasta los  $100^\circ\text{C}$  (se tardó 7 minutos en alcanzar dicha temperatura). Cada 30 minutos se extrajo una muestra por vez, hasta llegar a las 2 horas de permanencia en la mufla. En este caso los exoesqueletos de las cuatro muestras no sufrieron ningún tipo de cambio.

Control 2: cuatro muestras ( $n=3$ ) fueron colocadas en el horno hasta los  $200^\circ\text{C}$ . Cada 30 minutos se extrajo una por vez, hasta llegar a las 2 horas de permanencia en la mufla. La muestra extraída a los 30 minutos no presenta ningún cambio. Las muestras de este

experimento control expuestas durante 60, 90 y 120 minutos a 200°C presentan características similares a aquellas expuestas a 300°C en el programa experimental inicial.

Control 3: una muestra de 5 conchas se introdujo en la mufla a 300°C y se mantuvo durante 15 minutos. Las conchas expuestas al calor presentan los mismos cambios morfoestructurales, textuales y colorimétricos que aquellas expuestas a 300°C en el programa experimental inicial.

Control 4: una muestra de 5 conchas se introdujo en la mufla a 500°C y se mantuvo durante 15 minutos. Las conchas expuestas al calor presentan los mismos cambios morfoestructurales, textuales y colorimétricos que aquellas expuestas a la misma temperatura en el programa experimental inicial.

Muestra	Temperatura de exposición	Peso inicial (gramos)	Peso post-exposición (gramos)	Color		Textura		Descripción
				Cara externa	Cara interna	Cara externa	Cara interna	
1	100°C	90	90	Original	Original	Compacta/ Porosa	Fina/apariencia vidriada	Sin cambios, superficies continuas/Sin alteración térmica
2	200°C	85,06	85	Original	Original	Compacta/ Porosa	Fina/apariencia vidriada, brillante	Superficies continuas/Primeros signos de alteración: microfisuras en zona de impresión muscular
3	300°C	71,1	70,9	Marrón claro/ Natural	Natural/ Beige con mucho brillo	Compacta/ Porosa	Fina/apariencia vidriada, brillante	Superficie interna con alto brillo, craquelado superficial, cambios iniciales de color en ambas caras/Quemado
4	400°C	92,3	91,3	Marrón/ Marrón oscuro	Natural/beige con mucho brillo. Borde natural/crema	Compacta/ Porosa	Fina/apariencia vidriada, brillante, craquelada	Craquelado superficial pronunciado en cara interna, cambio de color del borde/ Quemado
5	500°C	97,33	95,07	Gris oscuro/ Negro	Marrón/ Gris brillante. Borde gris/blanco	Frágil/ Porosa	Apariencia vidriada, brillante, craquelada, escamosa	Craquelado profundo cara interna, cambio de color del borde, se desprende la capa superficial de la impresión muscular/ Carbonizado, borde calcinado
6	600°C	84,58	81,2	Gris/Gris oscuro	Gris claro muy brillante. Borde gris/Blanco	Frágil/ Porosa	Apariencia vidriada, brillante, escamosa	Craquelado profundo cara interna, cambio de color del borde/Carbonizado-calcinado
7	700°C	76,63	73,4	Gris claro/ Blanquecino	Gris claro mate con brillos localizados, impresión muscular gris oscura/Negra	Muy frágil/ Porosa/ Superficie externa pulverulenta	Porosa, escamosa, deslaminación; pérdida de Co <sub>3</sub> Ca	Superficie fisurada, agrietada, granular, con fracturas y pérdidas de borde y deslaminación de la microestructura por pérdida de cohesión interna de la microestructura/Calcinado

Tabla 1. Síntesis de las modificaciones en exoesqueletos de *Nacella magellanica* expuestos a temperaturas de entre 100°C y 700°C.

### 6.3. ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES CON LAS MUESTRAS ARQUEOMALACOLÓGICAS DE CONCHEROS

El objetivo final de este trabajo es establecer características diagnósticas que permitan distinguir rasgos del calentamiento intencional en conchas patelliformes de sitios arqueológicos. Para ello se analizaron muestras arqueomalacológicas de *Nacella magellanica* de tres concheros ubicados en la CNSC; ellos son: Las Hormigas, el Sitio 112 y el Sitio 160 (Figura 1; Ciampagna, 2015; Hammond, 2015).

Se realizaron los estudios cromáticos, estructurales y texturales de los exoesqueletos de moluscos arqueológicos. En estos conjuntos hay que tener en cuenta que existen otros procesos tafonómicos que pueden haber afectado la preservación de los restos, como por ejemplo, la incidencia del proceso de corrosión, abrasión, bioerosión, así como las condiciones geoquímicas de la matriz sedimentaria del depósito (Hammond, 2013). A continuación se presenta una breve caracterización de los concheros considerados.

#### 6.3.1. Las Hormigas

Se emplaza en un manto eólico sobre una terraza holocénica y posee una datación radiocarbónica de  $370\pm 40$  años AP (LP-2504, carbón vegetal; 488-312 años calib. AP). Se trata de un conchero lenticular con alta densidad de materiales arqueológicos (Hammond, 2015). Se realizó el análisis antracológico de carbones recuperados en la excavación (Ciampagna, 2015). En el cuadrante A ( $0,25\text{ m}^2$ ) se identificaron tres *taxa*: *Schinus* con una densidad relativa de 71,8% ( $n=18$ ), seguido por *Senecio/Baccharis* (20%;  $n=5$ ) y *Adesmia* e indeterminables (4%;  $n=1$  en ambos casos). En el cuadrante C se identificaron tres *taxa*. Predominó *Schinus* con una densidad relativa del 44% ( $n=15$ ) y en menor densidad relativa *Atriplex/Suaeda*, cf. *Lycium* e indeterminables. Se registró una mayor densidad de carbones provenientes de maderas semiduras como *Schinus*, acompañada de leñosas blandas buenas iniciadoras del fuego (*i.e.* *Senecio/Baccharis*). Los carbones dispersos darían cuenta de uno o más eventos intensos, con producción de brasa debido al predominio de *Schinus*. En relación a las temperaturas que pudo alcanzar la combustión de estas maderas, no se observaron caracteres diagnósticos de altas temperaturas (Ciampagna, 2015, 2016).

#### 6.3.2. Sitio 112

El conchero se emplaza sobre un manto eólico en deflación. Se cuenta con un fechado radiocarbónico que dio una edad de  $2870\pm 60$  años AP (LP-2141, carbón vegetal; 3141-2782 años calib. AP). Se determinaron los carbones asociados a la lente de materiales arqueológicos y se identificó *Schinus* con una densidad relativa del 88% ( $n=15$ ) seguido por *Senecio/Baccharis* e indeterminables (menos del 5%;  $n=1$ ). Es relevante el alto porcentaje de densidad relativa de carbones de *Schinus*, ya que su madera produce brasa y tiene alto poder

calórico. Sin embargo, no se registraron en los carbones aberturas diagnósticas de temperaturas por encima de los 400°C (Ciampagna, 2015, 2016). La lente del conchero se ubicaba sobre una capa de sedimento carbonizado y la totalidad del conjunto arqueológico presentaba adherida una fina capa de cenizas y carbonatos de color gris.

### 6.3.3. Sitio 160

El conchero se emplaza en una duna afectada por deflación. Se cuenta con dos dataciones radiocarbónicas, ambas realizadas sobre carbón vegetal asociado a dos lentes de materiales arqueológicos superpuestas. El fechado de la lente inferior arrojó una edad de 1260±80 años (LP-3091; 1279-965 años calib. AP), en tanto que la lente superior se dató en 370±50 años AP (LP-2507; 492-306 años calib. AP). Se analizaron los carbones provenientes de la lente superior la cual se dividió en porción superior e inferior debido a la potencia de la misma. En la porción superior se identificó un solo *taxa*: *Schinus*, con una densidad relativa del 95% (n=21) y el 5% restante (n=1) fue indeterminado. En la porción inferior, se identificaron *Schinus* con el 96% de densidad relativa (n=24) y *Senecio/Baccharis* (4%; n=1). En esta última, el 80% (n=20) de los carbones de *Schinus* presentó aberturas en vasos y radios, mientras que el 8% (n=2) presentó aberturas en vasos, radios y anillos. Este último carácter sería diagnóstico de que el fuego alcanzó temperaturas mayores a los 400°C (Ciampagna, 2015).

## 6.4. Resultados del estudio de los restos arqueomalacológicos de concheros

En la Tabla 2 se presentan los resultados del análisis de los materiales arqueomalacológicos. Se analizaron 24 conchas de *Nacella magellanica* recuperadas en el sitio Las Hormigas. En la cara externa estas presentan color marrón/marrón claro en toda la superficie (Figura 5). En general no poseen alteraciones como fisuras, grietas, puntos blancos o exfoliación. Sin embargo, un exoesqueleto presenta gran parte de la cara externa de color gris claro y además una fisura de morfología oval en torno al ápice (vista bajo lupa binocular). En la cara interna se relevaron fisuras múltiples y pérdida de pequeños fragmentos angulares de la capa calcárea superficial. En un caso se observó la descamación o exfoliación del borde externo en la finalización de las costillas radiales.

La cara interna de las conchas preserva parcialmente el color original, con brillo, aunque en muchos casos la superficie se encuentra carbonatada. En todas las conchas el borde preserva parcialmente el color original y se encuentra completo. En la cara interna se observó la presencia de microfisuras longitudinales, transversales (paralelas al margen y en dos casos perpendiculares al margen) y fisuras múltiples que conforman un reticulado superficial inicial o craquelado abierto. En la mayoría de los casos el sector de la impresión muscular del molusco presenta fisuras. En diversas conchas se han fisurado y desprendido fragmentos angulares muy pequeños de la capa calcárea superficial.

En observaciones bajo lupa binocular se registraron evidencias de bioerosión, marcas de raíces y carbonatación en la superficie interna de diversos exoesqueletos. La acción de agentes biológicos y geoquímicos altera la estructura carbonática de las conchas a través de

procesos como la descalcificación y la biodegradación, que pueden generar el debilitamiento y en ocasiones el aumento del índice de fragmentación de los conjuntos (Gutiérrez Zugasti, 2008a).

Para el Sitio 112 se analizaron 12 exoesqueletos de *Nacella magellanica* (Tabla 2). Todos presentan adherida una capa de cenizas y sedimento limoso de color gris/gris oscuro. En la cara externa las conchas presentan color marrón (estas fueron lavadas y se extrajo la adherencia), y una textura compacta y muy porosa. En la superficie externa los exoesqueletos no presentan ningún tipo de daño (Figura 5).

En la cara interna y en el borde los exoesqueletos preservan parcialmente el color original con mucho brillo. El margen se conserva en todos los ejemplares y no presenta fisuras ni fracturas. En la superficie interna la mayoría de las conchas presentan microfisuras superficiales en el sector de la impresión muscular. Se registraron además microfisuras longitudinales, transversales (largas fisuras paralelas al borde) y múltiples en el resto de la superficie interna en diversas conchas. En seis casos este reticulado es profundo, superando la capa superficial. En la mayoría de los ejemplares se identificó la fractura y pérdida de pequeños fragmentos angulares superficiales principalmente en el sector de la impresión muscular.

En este caso se relevaron evidencias de carbonatación en la superficie interna de las conchas aunque localizada principalmente en las zonas de fisuras y los bordes donde se produjo la fractura y pérdida de fragmentos calcáreos superficiales. En seis conchas las fisuras paralelas al borde son muy notorias.

Se analizó un total de diez exoesqueletos recuperados en el Sitio 160 (Figura 5 y Tabla 2). La cara externa de las conchas presenta color marrón claro y en algunos casos también se observaron manchas negras de carbón. La superficie externa no presenta signos de daños por alteración térmica, la mayoría de las conchas presentan textura compacta y superficie porosa.

En seis exoesqueletos la cara interna presenta color natural/beige. En estas el borde fino es de color natural/marrón claro y es posible delimitarlo del resto de la estructura debido al cambio en la coloración. Además, el sector de la impresión muscular presenta color marrón y se resalta claramente del resto de la superficie. Estas conchas presentan también una fina capa de carbonatos depositada en la cara interna. En los restantes cuatro exoesqueletos la cara interna y el borde preservan parcialmente el color original, y poseen signos de carbonatación leve.

En la cara interna se registró la presencia de microfisuras múltiples y fisuras longitudinales y cruzadas paralelas al borde, además todas las conchas presentan signos de exfoliación o pérdida de fragmentos superficiales. Cinco de las seis conchas que presentan cambio en la coloración del borde han perdido fragmentos muy pequeños del mismo.

En este caso seis exoesqueletos presentarían evidencias de exposición de hasta aproximadamente 400°C de temperatura, sin embargo la otra parte del conjunto presenta evidencias de haber estado expuesto a no más de 300 °C. Todos los exoesqueletos analizados recuperados en el Sitio 160 presentan marcas de raíces en la cara interna, que se destacan además debido a la depositación superficial de carbonatos.

En los tres conjuntos arqueomalacológicos estudiados se preserva la escultura de las conchas caracterizada por la presencia de costillas radiales y margen festoneado.

<b>Conchero</b>	<b>N de conchas analizadas</b>	<b>Color</b>		<b>Textura</b>		<b>Descripción</b>	<b>Probable temperatura de exposición</b>
		<b>Cara externa</b>	<b>Cara interna</b>	<b>Cara externa</b>	<b>Cara interna</b>		
<i>Las Hormigas</i>	24	<i>Marrón/marrón claro</i>	<i>Pérdida parcial del color original (hacia tonos marrones)</i>	<i>Compacta/Porosa</i>	<i>Fina/apariencia vidriada, brillante, superficie carbonatada</i>	<i>-Superficie interna con brillo, fisuras múltiples, craquelado superficial. -Quemado.</i>	<i>Hasta 300°C</i>
<i>Sitio 112</i>	12	<i>Marrón</i>	<i>Pérdida parcial del color original (hacia tonos marrones)</i>	<i>Compacta/Porosa</i>	<i>Fina/apariencia vidriada, brillante, partes carbonatadas</i>	<i>-Superficie interna con brillo, fisuras múltiples, carbonatación entre fisuras y bordes fracturados, craquelado profundo en seis. -Quemado.</i>	<i>Hasta 300°C</i>
<i>Sitio 160</i>	10	<i>Marrón/marrón claro</i>	<i>n=4: Pérdida parcial del color original (hacia tonos marrones) n=6: pérdida total del color original (natural/ beige)</i>	<i>Compacta/Porosa</i>	<i>Fina/apariencia vidriada brillante en 4 capas; 6 ejemplares con superficie carbonatada</i>	<i>-Superficies internas con fisuras múltiples. -Seis conchas con signos de exposición a altas temperaturas (cambio de color en cara interna y en borde). -Marcas de raíces.</i>	<i>Hasta 400°C</i>

Tabla 2. Síntesis de las características colorimétricas, texturales y particularidades de los exoesqueletos de *Nacella magellanica* procedentes de concheros en la CNSC.



Figura 5. Conchas de *Nacella magellanica* procedentes de los concheros considerados en este trabajo.

## 7. DISCUSIÓN

### 7.1. Síntesis del programa experimental

Los datos registrados pueden ser interpretados de la siguiente manera:

- En las muestras expuestas a 100°C no se registraron cambios morfoestructurales, ni mediante la observación a simple vista ni con lupa binocular.
- A 200°C se identificaron escasas microfisuras en el sector de la impresión muscular del exoesqueleto (zona de debilidad). Posiblemente la estructura calcárea compacta, sólida y relativamente gruesa que presentan las conchas es resistente a estas temperaturas.
- A 300°C son perceptibles microfisuras múltiples en la cara interna de la concha. La aparición de fisuras es el resultado de la pérdida de agua durante la combustión de la matriz orgánica (Gaffey *et al.*, 1991; Villagrán, 2014).
- Microfracturas con pérdida de material superficial se observan a partir de 300°C.
- A 400°C se produce la pérdida del color original del borde o margen de la concha.
- A 500 °C la presencia de fisuras y agrietamientos aumenta, hay evidencias de exfoliación o descascaramiento de fragmentos de la microestructura y quebraduras del borde.
- Las alteraciones físicas, junto con la combustión de la matriz orgánica y mineral que provoca un oscurecimiento general de la concha suceden alrededor de 500 °C, temperatura a partir de la cual la estructura calcárea comienza un proceso de deterioro general notable.
- A 500°C se desarrolla un patrón caracterizado por la presencia de fisuras en el contorno del ápice y pequeñas fisuras longitudinales, que parten desde las anteriores y se desarrollan entre

las costillas radiales. Además, en los laterales de estas fisuras longitudinales se desarrollan, en algunos casos, fisuras transversales finas y cortas. Este patrón se acentúa a medida que aumenta la temperatura de exposición.

- A 600°C se dio la fractura y desprendimiento del ápice en algunas de las conchas, el desarrollo de fisuras dendríticas en el ápice, grietas perpendiculares al borde y el desarrollo de fisuras paralelas al borde, tanto en la cara externa como en la interna.
- A 700°C se generan fracturas múltiples, agrietamientos longitudinales y transversales y roturas en el borde. Los exoesqueletos presentan un estado friable y frágil, se separan finas capas o láminas que conforman la microestructura.
- La coloración marrón claro/beige de los exoesqueletos indica que la temperatura alcanzada fue de entre 300°C y 400°C.
- Los exoesqueletos carbonizados de color gris oscuro/negro indican que el calentamiento alcanzó los 500°C.
- Las conchas de color gris claro a blanco fueron expuestas a temperaturas por encima de los 600°C.
- A temperaturas superiores a 600°C se evidencian cambios estructurales y morfológicos: roturas del margen y exfoliación de la microestructura.
- Macroscópicamente en las muestras expuestas a 600°C la textura superficial presenta un aspecto friable, reseco y de color mate con puntos de brillo.
- Con el aumento de la temperatura las conchas tienden a destruirse y la estructura calcárea se desarticula (a 700°C y por encima de esta temperatura).
- En general hay un oscurecimiento y una degradación del color de las conchas que va desde el color original hacia el marrón, luego gris oscuro a negro y por último al gris claro/blanquecino. A su vez a temperaturas de entre 100°C y 400°C el interior de la concha logra un aspecto muy brillante; el cual se desvanece a temperaturas superiores.
- Las muestras expuestas a 700°C adquieren una textura friable y pulverulenta por la destrucción de la estructura carbonática y se produce el desprendimiento de  $\text{Co}_3\text{Ca}$  en forma de polvo fino.
- A medida que aumenta la temperatura de exposición al calor se acrecienta la fragilidad del exoesqueleto calcáreo. Esto lleva a que la estructura se fracture cada vez en un mayor número de fragmentos. Este hecho en los casos arqueológicos puede dificultar la identificación anatómica y taxonómica de los moluscos, ya que la fragmentación disminuye la identificabilidad de los restos (Gutiérrez Zugasti, 2008a y b).
- Bajo las diferentes temperaturas a las que se expusieron los materiales, en todas las muestras se preservaron las características de la ornamentación y escultura de las conchas.
- La pérdida de peso por exposición al calor se registró a partir del conjunto expuesto a 300°C. Sin embargo, la pérdida es de solo unos pocos gramos (Tabla 1).
- Los controles permitieron corroborar que las muestras sometidas durante un tiempo corto (15 minutos) a una temperatura alta (200°C, 300°C, 500°C) presentan rasgos de termoalteración similar a las muestras sometidas a un ascenso de la temperatura gradual prolongado en el tiempo (programa experimental).

## 7.2. Discusión de los resultados del programa experimental y las muestras arqueomalacológicas

A partir del programa experimental se logró identificar diversos rasgos diagnósticos en los exoesqueletos calcáreos de moluscos patelliformes expuestos a diferentes temperaturas. Estas transformaciones se relacionan principalmente con cambios en la coloración, modificaciones texturales, daños estructurales y un leve descenso paulatino del peso de las muestras a medida que estas se exponen a temperaturas más elevadas. Los cambios registrados fueron apreciados claramente a partir de los 300°C, temperatura a la cual se registraron de forma notoria las modificaciones en la coloración y el desarrollo de microfisuras contiguas en la superficie interna de las conchas.

El estudio comparativo de los tres conjuntos arqueomalacológicos y de los resultados obtenidos a partir del programa experimental permitió inferir que en los concheros Las Hormigas y el Sitio 112 las conchas no habrían estado expuestas a temperaturas superiores a 300°C de acuerdo a las características colorimétricas, texturales y a los daños registrados. En el Sitio 160 a partir de los rasgos diagnósticos identificados consideramos que parte del conjunto podría haber estado expuesto a temperaturas de hasta alrededor de 400°C (Tabla 2).

A partir de los estudios antracológicos de carbones recuperados en concheros (Ciampagna, 2015, 2016), es posible discutir las probables temperaturas que habrían alcanzado las áreas de combustión en los sitios. Como se mencionó, entre las leñas combustibles de los concheros analizados, *Schinus*, y en menores proporciones *Senecio/Baccharis* presentan la mayor ubicuidad porcentual, es decir están presentes en los tres sitios. La mayor densidad porcentual de carbones fue identificada como *Schinus*, su madera se caracteriza por presentar una alta densidad y dureza, la capacidad de producción de brasa y un alto poder calorífico (Ciampagna, 2015, 2016; Cardoso *et al.*, 2015). En cambio, *Senecio/Baccharis* se caracterizan por el rápido encendido (ricos en resinas) y corta duración del fuego, por lo que podrían haber sido leñas empleadas para iniciar la combustión. Esta combinación de maderas más densas y duras con otras más blandas podría sugerir algunas de las prácticas de manejo del fuego en estos sitios por parte de las poblaciones pasadas.

Por otra parte, el análisis de los rasgos postcarbonización de los restos antracológicos apoya los resultados obtenidos del estudio comparativo entre los resultados del programa experimental y el análisis de los restos arqueomalacológicos recuperados en los concheros. En los sitios 112 y Las Hormigas no se registraron aberturas en vasos, radios y anillos en carbones de *Schinus* que son diagnósticos de temperaturas por encima de los 400°C (Ciampagna, 2015, 2016). En cambio, en la lente del Sitio 160 se identificaron aberturas en vasos y radios, y en anillo en el 4,2% de los carbones analizados, evidencias que señalan temperaturas por encima de los 400°C. En este sentido, es posible que algún sector del área de combustión alcanzara mayor temperatura que la registrada para parte del conjunto de los restos malacológicos analizados (Tabla 2), o bien que estas diferencias entre los indicadores de temperatura de carbones y de restos arqueomalacológicos se deban a diversas variables, entre las que podría mencionarse la posibilidad de que los exoesqueletos de moluscos hayan entrado en contacto con las brasas y no en contacto directo con el fuego. Otra posibilidad es que se hayan producido en el sitio procesos de reencendido en el área de combustión que

podrían estar relacionados con la presencia de signos de alteración térmica a temperaturas elevadas de los exoesqueletos de moluscos como se interpretó en este caso.

Hay que tener en cuenta que en todos los casos los concheros analizados en este trabajo se encuentran emplazados a cielo abierto y que las condiciones ambientales de la costa patagónica, donde predominan las condiciones frías, áridas y ventosas, podrían haber influido de manera importante en las temperaturas máximas alcanzadas por las maderas identificadas en los sitios arqueológicos.

Por otro lado, la incidencia de la alteración térmica de las conchas variará según diversos factores intrínsecos como la morfología, la microestructura, el grosor, la ornamentación, el tamaño y la resistencia del exoesqueleto calcáreo. Otra variable a considerar es la completitud del exoesqueleto, en el sentido de si este se encuentra completo, fragmentado o se tiene solo un fragmento (Hammond 2015), lo que puede afectar en la incidencia o las consecuencias del daño térmico. Además, el grado de los daños se puede relacionar con diversos factores extrínsecos como la intensidad y duración del calentamiento, el nivel de humedad de los materiales o a factores climático-ambientales (Gaffey *et al.*, 1991).

Las modificaciones registradas en las conchas producto de la alteración térmica en sitios arqueológicos pueden ser consecuencia de tareas de preparación, cocción y consumo de los moluscos como alimento. Sin embargo, estas alteraciones pueden tener otros orígenes, por ejemplo, posteriormente al consumo de la carne los exoesqueletos pueden ser desechados en las áreas de combustión por razones higiénicas y sufrir nuevamente la exposición al calor; o pueden caer accidentalmente al fuego; o bien sufrir modificaciones producto de empleo como combustible. Como se mencionó, las áreas de combustión también pueden sufrir procesos de reencendido, lo que podría generar nuevos daños en los materiales arqueológicos expuestos al fuego. En este sentido, los procesos de encendido, mantenimiento, uso y apagado del fuego en las áreas de combustión de concheros pueden ser sucesos complejos de estudiar y de diferenciar. Sin embargo, analizar las características de los conjuntos arqueomalacológicos, a fin de determinar si existieron eventos de exposición térmica, así como las alteraciones de los restos y posibles trazas distintivas sobre las superficies calcáreas nos permite discutir acerca del uso de las áreas de combustión, la utilización del fuego y los combustibles vegetales, y sobre las posibles prácticas de manejo de los alimentos animales por los grupos cazadores recolectores.

### **7.3. Consideraciones finales**

Los estudios realizados permitieron identificar modificaciones y patrones de alteración como consecuencia del tratamiento térmico (calentamiento) de los exoesqueletos calcáreos de moluscos patelliformes. El reconocimiento de este tipo de rasgos en los materiales experimentales puede servirnos para interpretar el uso posible de las áreas de combustión en los sitios arqueológicos y las temperaturas probables a las que estuvieron expuestos los recursos malacológicos en el pasado. En este sentido, a futuro es necesario realizar nuevos trabajos experimentales en el campo y considerar diversas variables (distintos tipos de combustibles, variables ambientales y climáticas, sustratos, etc.) que puedan influir en la incidencia de modificaciones o daños generados por termoalteración sobre los restos malacológicos.

Dado que las conchas de los moluscos varían en forma, tamaño y mineralogía, es importante seguir desarrollando colecciones experimentales e incluir una mayor diversidad de especies (Villagrán, 2014), para identificar patrones de referencia que puedan ser utilizados para analizar el registro arqueológico y que nos permitan evaluar las posibles causas de las termoalteraciones.

Finalmente, esperamos que los resultados de este trabajo sean útiles para el estudio de restos arqueomalacológicos recuperados en sitios costeros de otras regiones. Estos análisis proveen indicadores para evaluar por ejemplo, cuestiones tafonómicas y de preservación de los conjuntos; la funcionalidad de las áreas de combustión, así como las probables temperaturas alcanzadas por los fuegos; pueden aportar datos para discutir índices de fragmentación de las muestras arqueomalacológicas y evaluar las condiciones de integridad de los depósitos arqueológicos conformados por exoesqueletos de moluscos.

### **Agradecimientos**

Al Dr. Leandro Zilio por la realización de las figuras. A los evaluadores y a los editores de la revista. Este trabajo se realizó en el marco del proyecto “Estudios regionales en el eje Deseado (cuencas media e inferior) para definir los rangos de acción de grupos cazadores recolectores costeros en el marco de la ocupación humana del Holoceno de Patagonia” (11/N 739, UNLP) dirigido por la Dra. A. Castro. A la Universidad Nacional de la Plata y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Becas Postdoctorales de las autoras).

### **Bibliografía**

AGUIRRE, M. L. y FARINATI, E. A. (2000): “Moluscos del Cuaternario marino de la Argentina”. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*, 64:235-333.

ÁLVAREZ, M.; GODINO, I. B.; BALBO, A. y MADELLA, M. (2011): “Shell middens as archives of past environments, human dispersal and specialized resource management”. *Quaternary International*, 239(1):1-7.

ANGELBECK, G. (2011): “Stone tools and shellfish. Ancient shellfish harvesting on the former Transkei coast”. *The Digging Stick*, 28(2):11-13.

ARRIGONI, I. G. y PALEO, M. C. (1992): “Investigaciones en la región central del Golfo San Jorge”. *Sinchal*, 206-210.

BADAL GARCÍA, E. (1992): “L’anthracologiepréhistorique: à propos de certains problèmes méthodologiques. Les Charbons de Bois les Anciens Écosystèmes et le rôle de L’Homme”. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 139:167-189.

BONIZZONI, L.; BRUNI, S.; GIROD, A.; y GUGLIELMI, V. (2009): “Archaeometric study of shells of Helicidae from the Edera Cave (Northeastern Italy)”. *Archaeometry*, 51(1):151-173.

CABRAL, J. P.; y DA SILVA, A. C. (2003): "Morphometric analysis of limpets from an Iron-Age shell midden found in northwest Portugal". *Journal of Archaeological Science*, 30(7):817-829.

CARDOSO, M. B.; LADIO, A. H.; DUTRUS, S. M.; y LOZADA, M. (2015): "Preference and calorific value of fuelwood species in rural populations in northwestern Patagonia". *Biomass and Bioenergy*, 81:514-520.

CASTRO, A.; MORENO, J.; ANDOLFO, M.; GIMÉNEZ, R.; PEÑA, C.; MAZZITELLI, L.; ZUBIMENDI, M. y AMBRÚSTOLO, P. (2003): "Análisis distribucionales en la costa de Santa Cruz (Patagonia Argentina): alcances y resultados". *Magallania*, 31:69-94.

CHABAL, L. (1988): "Pourquoi et comment prélever les charbons de bois pour la période antique, les méthodes utilisées sur le site de Lattes (Hérault)". *Lattara*, 1:187-222.

CHABAL, L. (1990): "L'étude paléocologique des sites protohistoriques à partir des charbons de bois, la question de l'unité de mesure. Dénombrement de fragments ou pesées?" En: HACKENS, T.; MUNAUT, A. V. y TILL, C. (eds.): *Wood and Archaeology, first conference*, pp. 189-205, PACT 22, Louvain la-Neuve.

CIAMPAGNA, M. L. (2016): "Prácticas en la gestión de recursos vegetales silvestres de grupos cazadores recolectores en los sitios Cormorán Quemado y Nido del Águila, Costa Norte de Santa Cruz, Patagonia, Argentina". En MENA, F. (ed.): *Arqueología de Patagonia, de mar a mar*, pp. 345-354, Andros Impresores, Santiago de Chile.

CIAMPAGNA, M. L. (2015): Estudio de la interacción entre grupos cazadores recolectores de Patagonia y las plantas silvestres: el caso de la costa norte de Santa Cruz durante el Holoceno medio y tardío. Tesis doctoral inédita, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

CLAASSEN, C. (1998): *Shells*. Cambridge manuals in archaeology. Cambridge University Press, New York.

COHEN, A. L. y BRANCH, G. M. (1992): "Environmentally controlled variation in the structure and mineralogy of *Patella granularis* shells from the coast of southern Africa: implications for palaeotemperature assessments". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 91(1):49-57.

FAVIER DUBOIS, C. y BORELLA, F. (2007): "Consideraciones acerca de los procesos de formación de concheros en la costa Norte del golfo San Matías (Río Negro, Argentina)". *Cazadores-recolectores del Cono Sur*, 2:151-165.

FAULKNER, P. (2011): "Quantifying shell weight loss in archaeological deposits". *Archaeology in Oceania*, 46(3):118-129.

FUCHIGAMI, T. y SASAKI, T. (2005): "The shell structure of the recent Patellogastropoda (Mollusca: Gastropoda)". *Paleontological Research*, 9(2):143-168.

GAFFEY, S. J.; KOLAK, J. J. y BRONNIMANN, C. E. (1991): "Effects of drying, heating, annealing, and roasting on carbonate skeletal material, with geochemical and diagenetic implications". *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55(6):1627-1640.

GÓMEZ OTERO, J. (2006). Dieta, uso del espacio y evolución en poblaciones cazadoras recolectoras de la costa centro-septentrional de Patagonia durante el Holoceno medio y Tardío. Tesis doctoral inédita, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

GUSINDE, M. 1986 [1937]. *Los indios de Tierra del Fuego*. Tomo II: Los Yámana. Centro Argentino de Etnología Americana, Buenos Aires.

GUTIÉRREZ ZUGASTI, I. (2008a): “Análisis tafonómico en arqueomalacología: el ejemplo de los concheros de la región cantábrica”. *Krei*, 10:53-74.

GUTIÉRREZ ZUGASTI, I. (2008b): La explotación de moluscos y otros recursos litorales en la región cantábrica durante el pleistoceno final y el Holoceno inicial. Tesis doctoral inédita, Universidad de Cantabria, España.

HAMMOND, H. (2015): Sitios concheros en la costa norte de Santa Cruz: su estructura arqueológica y variabilidad espacial en cazadores recolectores patagónicos. Tesis doctoral inédita, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

HAMMOND, H. (2014): “Taphonomic analysis of archaeomalacological assemblages: shell middens on the northern coast of Santa Cruz (Patagonia, Argentina)”. *Intersecciones en Antropología*, Volumen especial, 1:21-34.

HAMMOND, H. (2013): “Propuesta metodológica para el estudio de conjuntos malacológicos de sitios concheros: su aplicación en la costa norte de Santa Cruz (Patagonia argentina)”. *La Zaranda de Ideas*, 9 (2):77-102.

HAMMOND, H. y ZILIO, L. (2016a): “Cambios en el tamaño de exoesqueletos calcáreos de moluscos durante el Holoceno tardío: arqueomalacología de concheros en la costa norte de Santa Cruz, Patagonia argentina”. *Arqueología Iberoamericana*, 32: 17-24.

HAMMOND, H. y ZILIO, L. (2016b): “Experimentación del proceso de recolección de moluscos marinos en la costa patagónica: análisis de la especie *Nacella magellanica* y sus implicancias en la interpretación de muestras arqueomalacológicas”. *Comechingonia*, 20(2): 265-290.

HAMMOND, H.; ZUBIMENDI, M. y ZILIO, L. (2013): “Composición de concheros y uso del espacio: aproximaciones al paisaje arqueológico costero en Punta Medanosa”. *Anuario de Arqueología*, 5:67-84.

JERARDINO, A. (1997): “Changes in shellfish species composition and mean shell size from a late-Holocene record of the west coast of southern Africa”. *Journal of Archaeological Science*, 24(11):1031-1044.

MARITAN, L.; MAZZOLI, C. y FREESTONE, I. (2007): “Modelling changes in mollusc shell internal microstructure during firing: implications for temperature estimation in shell-bearing pottery”. *Archaeometry*, 49(3):529-541.

MUÑOZ, A. S.; CARACOTCHE, M. S. y CRUZ, I. (2009): “Cronología de la costa al sur del río Santa Cruz: nuevas dataciones radiocarbónicas en Punta Entrada y Parque Nacional Monte León (Provincia de Santa Cruz, Argentina)”. *Magallania*, 37(1):193-197.

- ORQUERA, L. A. (1999): El consumo de moluscos por los canoeros del extremo sur. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 24:307-327.
- ORQUERA, L. A. y PIANA, E. L. (2001): “Composición de conchales de la costa del Canal Beagle (Tierra del Fuego, República Argentina) -Segunda Parte-”. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 26:345-368.
- ORQUERA, L. A. y PIANA, E. L. (2000): “Composición de conchales de la costa del Canal Beagle (Tierra del Fuego, República Argentina) -Primera Parte-”. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 25:249-274.
- ORQUERA, L. y PIANA, E. (1999a): *Arqueología de la región del Canal Beagle: Tierra del Fuego, República Argentina*, Sociedad Argentina de Antropología, Buenos Aires.
- ORQUERA, L. y PIANA, E. (1999b): *La vida social y material de los Yámana*, Editorial Eudeba, Buenos Aires.
- ORQUERA, L. A. y PIANA, E. (1992): “Un paso hacia la resolución del palimpsesto”. En BORRERO, L. A. y LANATA (eds.): *Análisis espacial en la arqueología patagónica*, pp. 21-52, Ediciones Ayllu, Buenos Aires.
- ORTEGA, F. V. y MARCONETTO, M. B. (2009): “Una discusión encendida. Primeros resultados de los análisis de vestigios de combustión en concheros de la Costa Norpatagónica (Río Negro)”. En SALEMME, M.; SANTIAGO, F.; ÁLVAREZ, M.; PIANA, E.; VÁZQUEZ, M. y MANSUR, E. (eds.): *Arqueología de Patagonia: una mirada desde el último confín*, vol. 2, pp. 1141-1148, Utopías, Ushuaia.
- ORTON, J. y HALKETT, D. (2006): *Mitigation of archaeological sites within the Buffels Marine and Koingnaas Complexes, Namaqualand, Sept 2005 to May 2006*. Report prepared for De Beers Consolidated Mines NM. Archaeology Contracts Office, UCT.
- ORTON, J.; JERARDINO, A. y HALKETT, D. (2012): “On limpets, their height and how to get them on the plate”. *The Digging Stick*, 29(1):13-14.
- OTAEGUI, A.V. (1974): “Las especies del genero *Patinigera* Dall, 1905 en la Provincia Magallánica (Mollusca, Gastropoda, Prosobranchiata)”. *Physis*, 33:173-184.
- PAILLER, Y.; DUPONT, C.; SPARFEL, Y. y LEROY, A. (2007): “Analyse fonctionnelle des galets biseautés du Méolithique à la fin du Néolithique dans l’Ouest de la France, la Grande-Bretagne et l’Irlande”. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 104(1):31-54.
- PIQUÉ I HUERTA, R. (1999): *Producción y uso del combustible vegetal: una evaluación arqueológica*. Treballs d’Etnoarqueologia, 3, Universidad Autónoma de Barcelona, CSIC, Bellaterra.
- SANTIAGO, F.; GORDILLO, S. y SALEMME, M. (2015): “Moluscos en contextos arqueológicos de la costa atlántica de Tierra del Fuego: consumo prehistórico e implicancias de su distribución actual”. *Revista Chilena de Antropología*, (29):40-48.
- SUZUKI, M.; KAMEDA, J.; SASAKI, T.; SARUWATARI, K.; NAGASAWA, H., y KOGURE, T. (2010): “Characterization of the multilayered shell of a limpet, *Lottia*

kogamogai (Mollusca: Patellogastropoda), using SEM-EBSD and FIB-TEM techniques”. *Journal of structural biology*, 171(2):223-230.

VERDÚN, E. (2014): “El consumo de moluscos en sociedades cazadoras-recolectoras de Tierra del Fuego (Argentina)”. En ORÍA, J. y A. TÍVOLI (eds.): *Cazadores de mar y tierra. Estudios recientes en arqueología fueguina*, pp. 363-387, Editora cultural Tierra del Fuego, Museo del Fin del Mundo, Ushuaia.

VILLAGRÁN, X. S. (2014): “Experimental Micromorphology on Burnt Shells of *Anomalocardia brasiliensis* (Gmelin 1791) (Bivalvia, Veneridae) and Its Potential for Identification of Combustion Features on Shell-Matrix Sites”. *Geoarchaeology*, 29(5): 389-396.

VILLAGRÁN, X. S.; BALBO, A. L.; MADELLA, M.; VILA, A. y ESTEVEZ, J. (2011): “Experimental micromorphology in Tierra del Fuego (Argentina): building a reference collection for the study of shell middens in cold climates”. *Journal of Archaeological Science*, 38(3):588-604.

VILLAMARZO, E. (2009): “Estudio experimental sobre valvas de Berberechos (*Donax hanleyanus*)”. En BEOVIDE, L.; ERCHINI, C. y FIGUEIRO, G. (eds.): *La arqueología como profesión: los primeros 30 años. XI Congreso Nacional de Arqueología Uruguay*, pp. 745-754, Asociación Uruguaya de Arqueología, Montevideo.

ZANGRANDO, A. F.; BORRAZZO, K.; TIVOLI, A.; ALUNNI, D. y MARTINOLI, M. P. (2014): “El Sitio Heshkaia 35: nuevos datos sobre la arqueología de Moat (Tierra del Fuego, Argentina)”. *Revista del Museo de Antropología*, 7(1):11-24.

ZUBIMENDI, M. (2012): “La variabilidad del registro arqueomalacológico en la costa norte de Santa Cruz (Patagonia argentina): resultados exploratorios a partir de estudios estratigráficos”. *Intersecciones en Antropología*, 13(2):359-375.

ZUBIMENDI, M.; HAMMOND, H. y L. ZILIO. (2015): “Síntesis regional de las malacofaunas presentes en sitios arqueológicos de la Patagonia continental Argentina”. En HAMMOND, H. y ZUBIMENDI, M. A. (eds.): *Arqueomalacología: abordajes metodológicos y casos de estudio en el Cono Sur*, pp. 175-245, Vázquez Mazzini Editores, Buenos Aires.

---



# ANÁLISIS TECNOLÓGICO DE LOS MONOLITOS DE PIEDRA VERDE HALLADOS EN LA PLAZA DE LA PIRÁMIDE DE LA LUNA, TEOTIHUACÁN<sup>8</sup>

*Technological analysis of Green Stone Monoliths found at Plaza of the Moon Pyramid, Teotihuacán*

Verónica Ortega Cabrera<sup>9</sup> , Viridiana Guzmán Torres<sup>10</sup>, Emiliano R. Melgar Tísoc<sup>11</sup> y Serafín Sánchez Pérez<sup>12</sup>

## Resumen

Durante las excavaciones realizadas en el “Proyecto de conservación Integral de Edificio 1, Plaza de la Pirámide de la Luna, Teotihuacán, temporada 2014” y “Proyecto Plaza de la Pirámide de la Luna, Estructura A. (Quincunce), temporada 2015”, fue posible la recuperación de 5 monolitos de piedra verde. Para resolver cuestiones como qué tipo de materia prima se utilizó para su manufactura de los monolitos y qué herramientas fueron predilectas para la elaboración de los mismos; para ello fue necesario proponer una metodología idónea para el análisis, ya que debido a las dimensiones y peso de los mismos limitaba la transportación a un laboratorio para su estudio. Para conocer la tecnología fue necesario identificar la materia prima por medio de análisis de composición química por Microsonda de Rayos X (EDS) y micro-Raman ( $\mu$ Raman). En cuanto a las huellas de manufactura fueron caracterizadas con arqueología experimental y microscopía electrónica de barrido (SEM). Se encontró que la manufactura fue local utilizando herramientas como pedernales y lascas de andesita; en cuanto el tipo de materia prima se identificó como piedras verdes metamórficas con distintas variaciones en sus elementos entre ellos el cuarzo y un parecido con las serpentinatas.

**Palabras clave:** EDS, SEM,  $\mu$ Raman, Arqueología experimental, huellas de manufactura, Teotihuacan- Plaza de la Luna.

## Abstract:

---

<sup>8</sup> Recibido 27/11/2018. Aceptado 14/12/2018. <http://doi.org/10.15366/baexuam2018-19.13.003>

<sup>9</sup> Subdirección Técnica de la Zona de Monumentos Arqueológicos de Teotihuacan. ORCID: 0000-0002-7215-2228. veronicabmx@yahoo.com.mx

<sup>10</sup> Escuela Nacional de Antropología e Historia, Museo Nacional de Antropología e Historia. ORCID: 0000-0003-2070-1843 viridianaguz23@gmail.com

<sup>11</sup> Museo del Templo Mayor. ORCID: 0000-0002-7300-3224. anubismarino@gmail.com

<sup>12</sup> Laboratorio de Suelos y Sedimentos de la Escuela Nacional de Antropología e Historia. ORCID: 0000-0001-6324-9493 serass1@yahoo.com.mx

During the excavations carried out in 2014 and 2015 in the Plaza of the Moon Pyramid in Teotihuacan, Mexico, five monoliths made out of green stone were recovered. In order to identify the raw material and the tools used for their manufacture, a suitable methodology had to be proposed since the monoliths' dimensions and weight greatly limited their transportation to a laboratory for analysis. The raw materials were identified through chemical composition analyses using X-ray microprobe and micro-Raman. Manufacture prints were characterized by experimental archaeology and scanning electron microscopy. We found that the monoliths were manufactured locally using flint and andesite tools; the raw materials were identified as green metamorphic stones with varying elemental composition, including quartz, and resembling serpentines.

**Key words:** EDS, SEM,  $\mu$ Raman, Experimental archeology, manufacturing, Teotihuacan-Plaza de la Luna.

## 1. INTRODUCCIÓN

*Tierra pedazo de gloria dueña  
de una historia hermosa y cabal.*

(Fernando Moncada)

En el pasado de la humanidad han existido Ciudades que con su historia han dejado tal brillo y esplendor que aún es persistente hasta nuestros días para ser admiradas y estudiadas; ejemplos son ciudades como Roma, Constantinopla y Alejandría (Manzanilla, 2012:17)

Una de las grandes ciudades enigmáticas en el contexto de la historia prehispánica de México, resurgió cuando los mexicas (1325-1521 d.n.e) la descubrieron y nombraron como "Teotihuacan"; se encuentra ubicada a poco más de 45 km al noroeste de la actual Ciudad de México y aproximadamente a 2,275 msnm, y actualmente es considerada como Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO. Los antiguos vestigios son imagen del gran desarrollo que alcanzó a mediados del primer milenio de nuestra era y fue abandonada casi por completo en el siglo VII. Su prestigio fue tal que aun abandonada y extinta la sociedad, los mexicas la consideraron como el lugar en donde se crearon el sol y la luna (Graulich, 2014:25).

La antigua metrópoli tenía a su disposición manantiales de agua dulce, materiales volcánicos (escoria volcánica, andesita basalto, toba volcánica) para la construcción de arquitectura, fabricación de ornamentos, objetos votivos, herramientas por mencionar algunos usos. Contó con yacimientos de materias primas cercanos como son las de obsidiana de Otumba y la Sierra de las Navajas (Manzanilla, 2012:18).

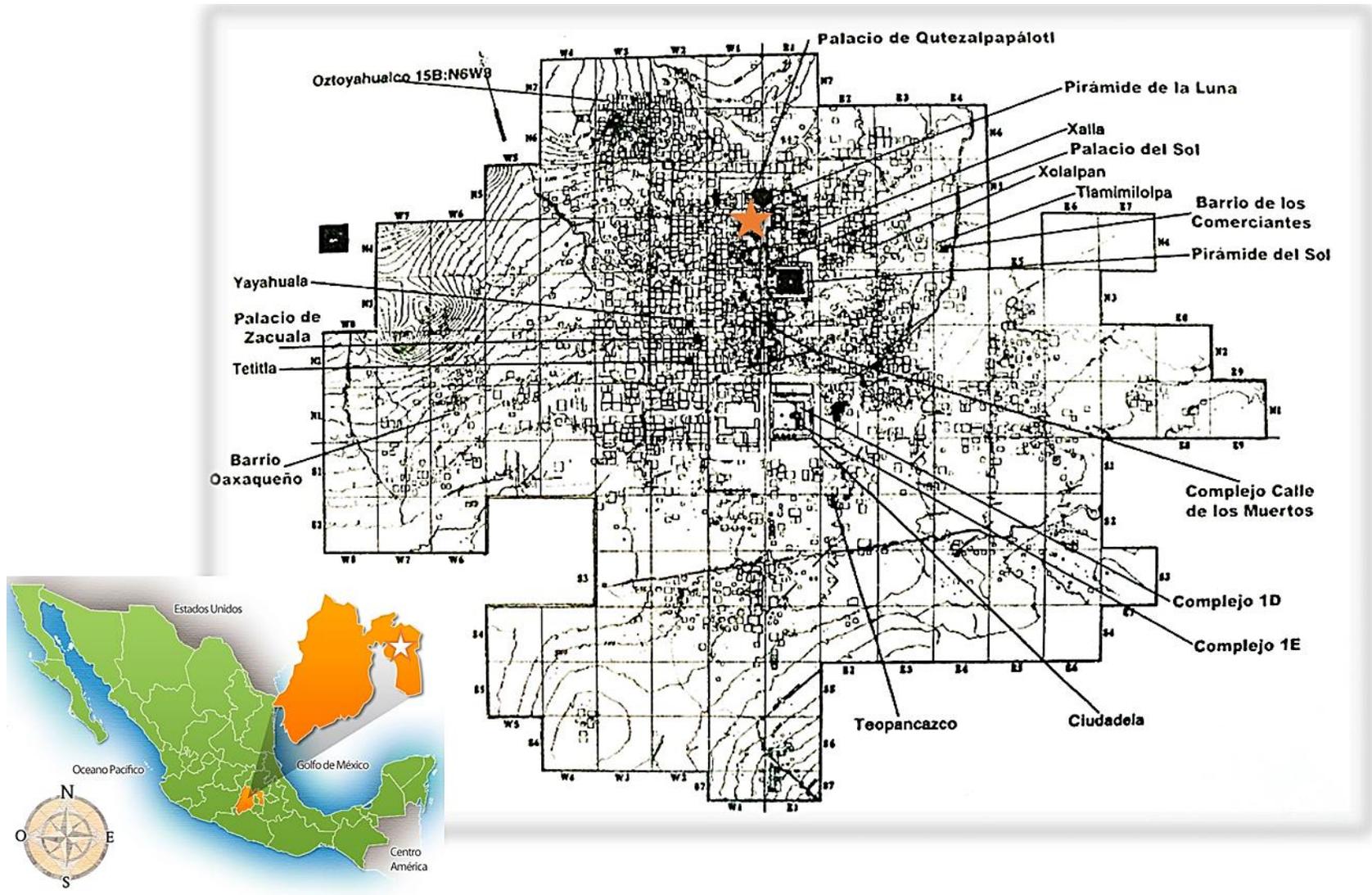


Figura 1. Ubicación de la Plaza de la Pirámide de la Luna en la Ciudad de Teotihuacan (Tomado de Manzanilla, 2012:19).

De acuerdo con la propuesta de Linda Manzanilla, la ciudad debió dividirse en cuatro sectores, que funcionaron como polos administrativos del Estado (*Ibidem*, 20) sin embargo existen otras ideas al respecto y la discusión aún sigue abierta.

Es justo mencionar, que, si bien se han realizado en sitio distintas investigaciones, sobresale el trabajo realizado por René Millon de la Universidad de Rochester con el “Teotihuacan Mapping Project” y sus colaboradores Bruce Drewitt, James Bennyhoff y George Cowgill en 1973, el cual consistió en el levantamiento topográfico detallado de los vestigios de la antigua urbe, con ayuda de fotografías aéreas y recorridos de superficie. El resultado fue el plano arqueológico y topográfico del asentamiento, que continúa siendo la base de los estudios en superficie y de excavación (Fig. 1).

## **2. EL PROYECTO DE CONSERVACIÓN INTEGRAL PLAZA DE LA LUNA, 2014**

La Plaza de la Luna no había tenido intervenciones en materia de conservación arqueológica, prácticamente desde que fue despejada y abierta a la visita pública en la década de los años sesenta del siglo pasado. Hacia el año 2014 diversos edificios ya presentaban malas condiciones de conservación, mismas que ponían en riesgo la estabilidad de los basamentos y la seguridad de los visitantes. Por tal motivo se emprendió un proyecto de conservación integral, bajo la dirección de la Dra. Verónica Ortega Cabrera, que partió de un diagnóstico general tanto de los edificios como de la superficie de la plaza, con la idea de identificar posibles zonas de inestabilidad en el terreno que pudiesen ser la causa de algunas fracturas y grietas en los cuerpos de los edificios 1 y 7.

Por tal motivo se aplicaron técnicas de prospección eléctrica, con el apoyo de la Coordinación Nacional de Arqueología del INAH, quien comisionó al Arqueólogo Osvaldo Esterpone para que llevara a cabo dichos trabajos. La prospección se concentró en el Edificio 1 y en la Estructura A, esta última conocida también como “Quincunce”; obteniendo imágenes en las que se identificaron diversas anomalías en el subsuelo. En el año 2016, se llevaron a cabo excavaciones arqueológicas para identificar la naturaleza de las anomalías detectadas, lo que dio como resultado el hallazgo de un sistema de fosas excavadas en el tepetate (roca madre) en tiempos prehispánicos.

Tres fosas excavadas de poniente a oriente, de 2 m de diámetro por 2.50 m de profundidad en promedio, se localizaron en la entrada del edificio, mientras que en lado poniente fue excavada una enorme fosa de silueta trilobulada que alcanzó los 3.50 m de profundidad. Además, en el sector sur de la estructura A se halló una fosa más, así como una serie de pequeñas oquedades distribuidas de manera aleatoria en gran parte de la superficie de los pisos. En el interior de algunas de las fosas había monolitos de piedra verde, colocados en posición vertical, recargados en las paredes; la altura de los monolitos varía de 1.25 m a 1.50 m y su peso oscila entre los 200 y los 300 kg (Fig. 2). El hallazgo de estos objetos generó una serie de preguntas en torno a la función tanto de las fosas como de ellos mismos, por lo que se consideró indispensable identificar su materia prima y las técnicas de manufactura, con el objetivo de establecer su procedencia y una posible correspondencia con los patrones de trabajo de los objetos identificados para Teotihuacan.

Existen varias propuestas para resolver la interrogante de cómo fueron elaborados algunos objetos encontrados en el área de Teotihuacan. Julie Gazzola (2009:61) propone, a través de cadenas operativas, la manufactura de máscaras teotihuacanas, estableciendo una serie de pasos que probablemente fueron seguidos para obtener la forma de las máscaras. Así mismo, realza la importancia de tomar en cuenta los contextos para proponer herramientas para la manufactura de los objetos lapidarios. Sin embargo, sus propuestas de qué herramientas debieron ser utilizadas para la manufactura de las máscaras son hipotéticas y apoyadas en la proximidad espacial de algunos instrumentos de trabajo; valiosas en sí, pero requieren comparaciones de las huellas de manufactura y de uso para confirmarlas de forma concluyente.

En trabajos recientes en el área de Teotihuacan; Emiliano Melgar, Reyna Solís y Ruvalcaba Sil (2012) mencionan la carencia de evidencias arqueológicas directas para saber, en un primer momento, con qué herramientas fueron elaborados los objetos. Plantean que a través de arqueología experimental y análisis de huellas de manufactura es posible identificar dichas herramientas, así como comparando huellas con otras catalogadas de estilo teotihuacano, lo que permite dilucidar qué objetos son locales y cuales foráneos. Así mismo, los análisis de composición elemental remiten al área de extracción de los materiales por lo que, en teoría, permiten entender el uso de materiales locales o foráneos para la producción de artefactos e intercambio de los mismos. Sin embargo, los autores reconocen que es necesario seguir con este tipo de trabajos en el área para poder caracterizar las variantes en materias primas, morfología y tecnología.



Figura 2. (a) Estructura A (Quince), Plaza de la Pirámide de la Luna, (b) Estela 1 y 2, (c) Estela 3, (d) Estela 4 y (e) Tres fragmentos de la estela 5. (Fotografías de Aldo Díaz Avelar para el Proyecto de Conservación Integral Plaza de la Luna, 2014 y 2015).

### **3. METODOLOGÍA**

Debido al tamaño y peso de los monolitos, fue preciso plantear una metodología óptima para su estudio, la cual se describe a continuación:

#### **3.1. Toma de muestra**

Con la asesoría y colaboración del Doctor Serafín Sánchez Pérez responsable del Laboratorio de Suelos y Sedimentos de la Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH) en la Ciudad de México, se realizó la toma de muestra para los análisis de composición elemental de cada monolito, misma que consistió en un fragmento de aproximadamente de 1 cm de ancho por 1 cm de largo, tomando en cuenta las superficies aptas para realizar el muestreo y evitar la afectación a los objetos (Fig. 3).



Figura 3. Toma de muestra de estela (Fotografía de Viridiana Guzmán, 2017).

### 3.2. Análisis de energía dispersa de rayos x (EDS)

Con el análisis de la Microsonda de Rayos X o Espectroscopía de Dispersión de Energía de Rayos X (EDS), es posible obtener información sobre la composición elemental de manera semicuantitativa (% en peso y % atómico) de las piezas a través de detectores de rayos X (Fig. 4). Con ello se pueden identificar los elementos químicos con número atómico mayor a 5 de la tabla periódica presentes en las piezas, gracias a la detección de la energía resultante de la transición de los electrones excitados de cada átomo al ser ionizados por el haz primario de electrones (Kang, 2013:663). El equipo EDS utilizado, marca INCA, se encuentra en el Laboratorio de Microscopía Electrónica del INAH. Para el análisis se emplearon electrones retrodispersados (BES) y el tiempo de adquisición fue de 120 segundos. Este análisis a piezas se realizó con el apoyo técnico del Mtro. Mario Monroy, encargado de la operación del equipo. Para comparar y tratar de identificar los materiales pétreos en que estaban hechas las estelas se usaron muestras geológicas de referencia que forman parte de los muestrarios de rocas y minerales del Museo del Templo Mayor y del Laboratorio de Geología de la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía (ENCRyM) del INAH, las cuales han sido caracterizadas anteriormente por medio de petrografía con láminas delgadas y difracción de rayos X. Así fue posible realizar la identificación sobre la materia prima en la cual fueron manufacturadas las estelas (Fig. 5).

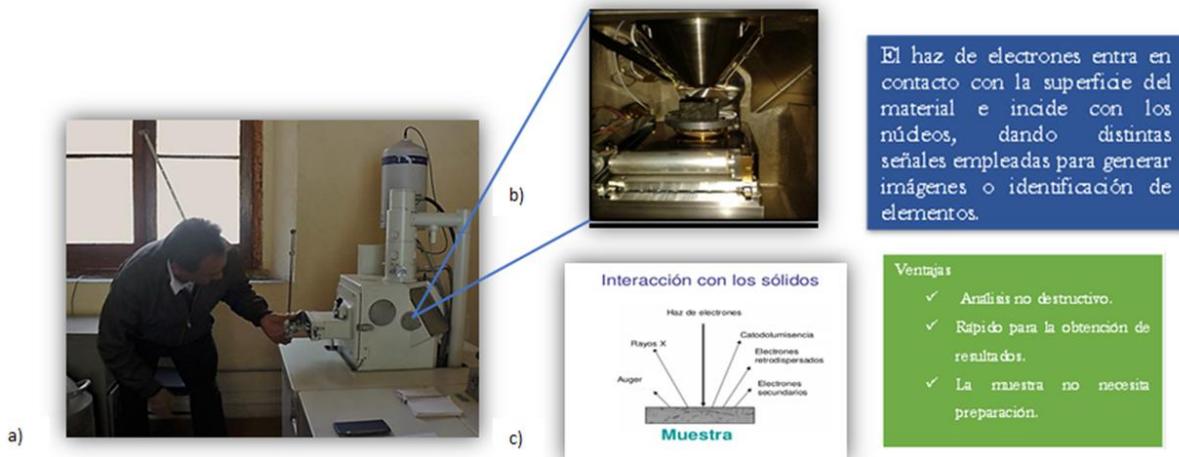


Figura 4. a) Ingeniero Mario Monroy metiendo muestras en el EDS (Fotografía de Viridiana Guzmán, 2017), b) Interior del EDS con muestra (Fotografía de Emiliano Melgar, 2017), c) Esquema de funcionamiento del EDS.

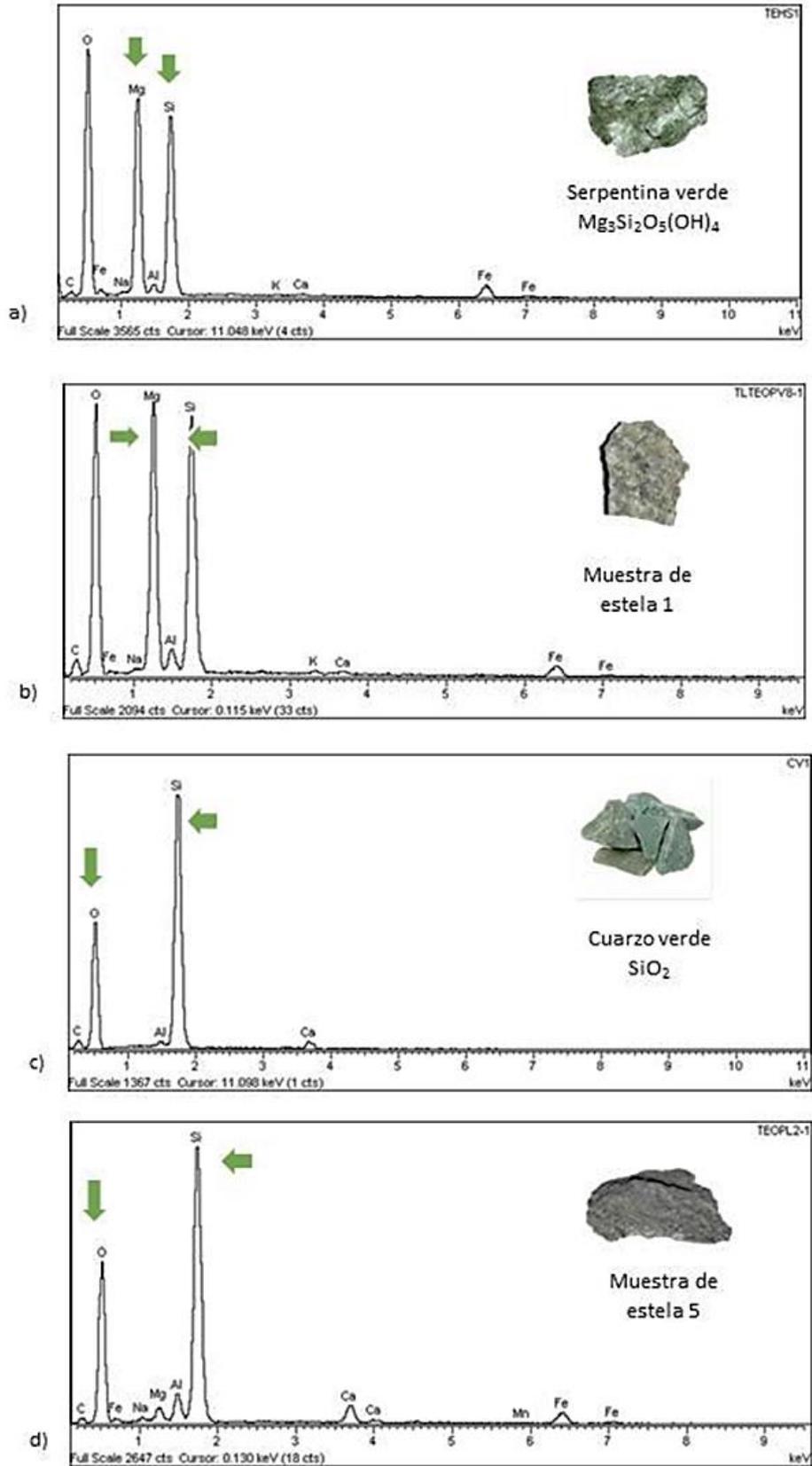


Figura 5. Microsonda de Rayos X. a) Espectro de muestra de serpentina, b) Muestra de Estela 1, c) Espectro de muestra de cuarzo y d) Muestra de Estela 5 (Espectros procesados por Emiliano Melgar y Mario Monroy) (Fotografías de Emiliano Melgar).

### 3.3. Espectrometría de micro-RAMAN ( $\mu$ Raman)

El análisis de composición química elemental con EDS se complementa con la Espectroscopía Micro-Raman ( $\mu$ Raman), la cual permite determinar la presencia de un mineral o compuesto en general a partir de un haz de láser verde (de 532 nm) que interactúa con las muestras, cuya dispersión inelástica de fotones, llamada efecto Raman en honor a su descubridor, el hindú Venkata Raman, produce espectros vibracionales a partir de una emisión luminosa característica de los materiales que integran la región analizada (FEUM, 2011:340). Para esta técnica se empleó el equipo de  $\mu$ Raman, modelo Thermo Scientific DXR, del Laboratorio de Materiales Avanzados del Instituto de Física de la UNAM, con apoyo de la Dra. Cristina Zorrilla Cangas (Figura 4). Todas las piezas se observaron a 20 y 50x, apertura de 50  $\mu$ m slit, 6.6 mW, con un intervalo espectral de 0 a 3500  $\text{cm}^{-1}$  y un tiempo de adquisición de 10 repeticiones de 10 segundos. Los espectros obtenidos se procesaron con el programa OMNIC®. De tal manera, al someter los materiales a la luz infrarroja fue posible observar opacidades o reflejos (Fig. 6), que son causadas por compuestos y enlaces moleculares de determinados minerales (Ruvalcaba, *et. al.* 2010:156). Lo anterior nos ayudó a comprender con mayor claridad la naturaleza mineralógica del material y hacer comparaciones del espectro Raman de cada estela con el muestrario de rocas y minerales, detectando que la mayoría de las estelas compartían varios picos con serpentinas y una con cuarzos verdes (Fig. 7).



Figura 6. Doctora Cristina Zorrilla manejando Micro-RAMAN ( $\mu$ Raman) en IF-UNAM (Fotografía de Guzmán, 2017).

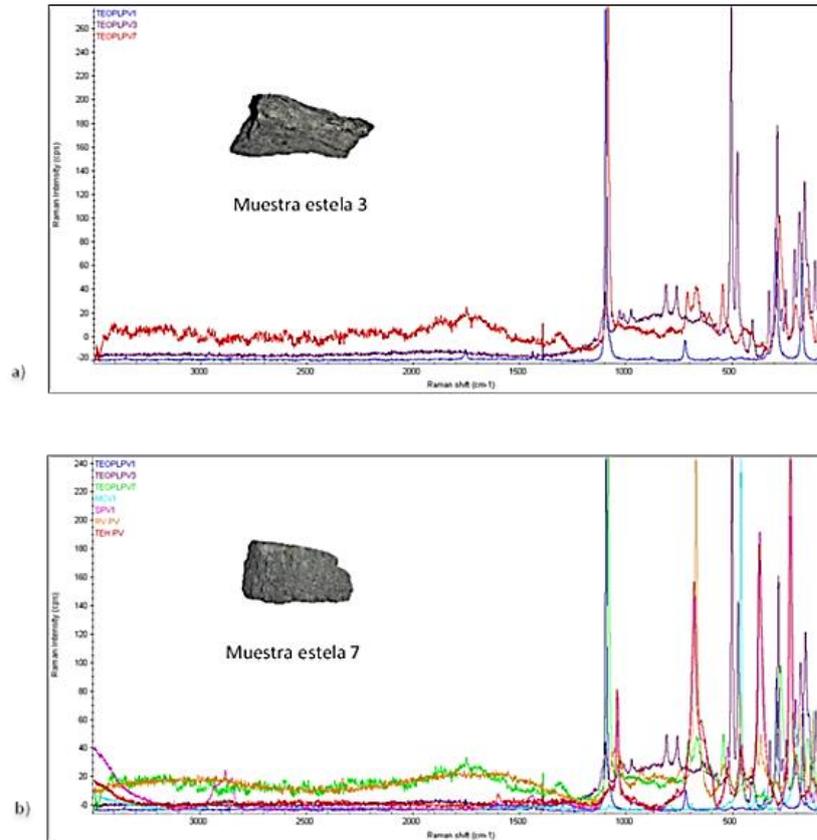


Figura 7. Micro –Raman, a) Espectros de 3 Estelas y b) Empalme de espectros y muestras de referencia. (Espectros procesados por Emiliano Melgar y Cristina Zorrilla) (Fotografías de Emiliano Melgar).

### 3.4. Análisis macroscópico

Consistió en la observación a simple vista de las modificaciones de los monolitos tales como la regularidad de la superficie: borde, relieve, presencia de líneas y desgastes.

## 4. PROCESO EXPERIMENTAL

La experimentación, como método de análisis en arqueología, permite reconstruir los procesos por los que pasaron para ser manufacturados los objetos encontrados en distintos contextos arqueológicos (Fig. 8). Teniendo en consideración lo anterior se reprodujeron experimentalmente las modificaciones observadas a simple vista de los monolitos, sin embargo, la revisión de los mismos a un nivel macroscópico no es suficiente, debido a que no es posible determinar con ello los instrumentos utilizados para la manufactura de los objetos. De tal forma que se realizaron posteriormente las observaciones de las modificaciones por medio de microscopía electrónica de barrido (SEM).



Figura 8. Dibujos de arqueología experimental. (Dibujos de Diego López).

#### 4.1. Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

Se obtuvieron réplicas de las distintas modificaciones encontradas en las estelas a través de un molde que fue tomado con una cinta especializada de polímero (cinta de polímero replicante marca *Buehler*), la cual, al agregarle unas gotas de acetona se adhirió a la superficie del material. Posteriormente se llevaron al Microscopio Electrónico de Barrido (SEM, por sus siglas en inglés) (modelo Jeol JSM-6460LV), donde se les realizó un recubrimiento con iones de oro (Sputtering) y se empleó el SEM en modo de alto vacío a 100x, 300x, 600x y 1000x. Las condiciones de trabajo fueron utilizadas a la misma frecuencia de electrones secundarios (SEI), tamaño de haz (42), distancia de trabajo (10 mm) y voltaje (20 kV), que generó una imagen detallada de las modificaciones, con lo cual fueron visibles las marcas generadas por las herramientas de trabajo a las que se les denomina huellas de manufactura (Fig. 9).



Figura 9. A) Réplica en polímero, b) Recubrimiento con iones de oro, y c) Muestras ingresando al SEM (Fotografía de Viridiana Guzmán, 2017).

La caracterización de las huellas de manufactura en los objetos nos permite inferir la tecnología empleada e identificar los estilos y tradiciones lapidarias llevadas a cabo por los diversos grupos prehispánicos (Melgar, 2014: 14).

Al realizar una comparación entre las huellas de materiales arqueológicos y las producidas experimentalmente se puede confirmar; o, en su defecto, refutar las herramientas propuestas para la manufactura de dichos materiales (Tabla 1).

<i>Rasgos visibles empleando Microscopía Electrónica de Barrido</i>	
<i>Rasgo visible</i>	<i>Descripción</i>
<i>Banda</i>	<i>Franjas rectas que van de 2-100µm de grosor.</i>
<i>Líneas</i>	<i>Rayas rectas menores de 2µm de grosor.</i>
<i>Líneas difusas</i>	<i>Rayas rectas atenuadas y poco perceptibles.</i>
<i>Partículas</i>	<i>Aglomerado con bordes irregulares de tamaños variables agrupados de manera indefinida que van de 0.5-100µm aproximadamente.</i>
<i>Superficie aplanada</i>	<i>Superficie regular, aplanada con rasgos de anteriores modificaciones difusos (ligeramente perceptibles).</i>
<i>Superficie irregular</i>	<i>Superficie con zonas aplanadas e irregulares.</i>
<i>Superficie lisa</i>	<i>Superficie regular y aplanada.</i>
<i>Superficie rugosa</i>	<i>Superficie irregular, con pliegues similares a hojuelas.</i>

Tabla 1. Rasgos visibles con SEM. (Tomado de Solís, 2015:103).

El estudio macroscópico de los monolitos hallados en el subsuelo de la Estructura A, se observó que las superficies tienen evidencias de adelgazamiento o aplanamiento que sugiere el uso de materiales líticos como lajas elaboradas en rocas. Experimentalmente, para realizar la caracterización de huellas de manufactura, fue necesario utilizar metates de andesita y basalto (por mencionar algunos materiales empleados durante la experimentación) y en algunos casos, se agregaron abrasivos como arena. El procedimiento consistió en frotar las materias primas con movimientos de vaivén alterno sobre las lajas o metates de roca sin abrasivo; posteriormente se realizaron los experimentos con abrasivos, humedeciéndolo y remplazándolo, por cierto tiempo, debido a que se formaba una pasta que hacía que el abrasivo perdiera su efectividad después de

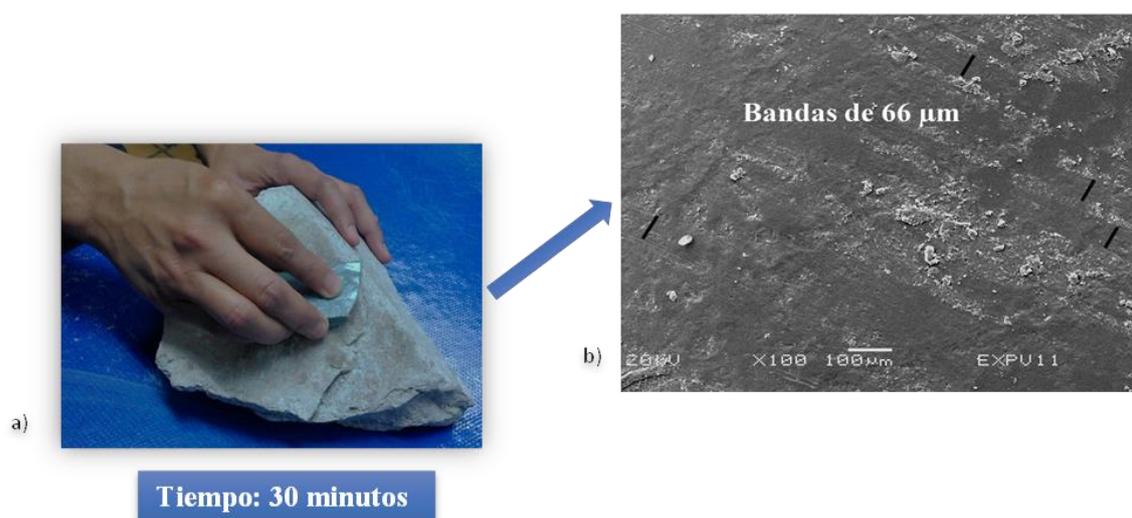


Figura 10. A) Desgaste experimental con andesita (Fotografía Viridiana Guzmán), b) y micrografía a 100x (Micrografía analizada por Emiliano Melqar).

un período de tiempo de uso. En los experimentos realizados se utilizó regularmente agua para enfriar los materiales, debido a la fricción generada en el desgaste (Fig. 10).

Se llevaron a cabo los experimentos de desgaste por un tiempo determinado de trabajo de media hora para obtener huellas suficientemente marcadas y poderlas observar. Los rasgos que surgieron después de la experimentación permitieron apreciar que los materiales desgastados sin abrasivos dejan rayones rectos marcados sobre la superficie; mientras que en los que se utilizaron abrasivos se observan superficies de textura regular, apariencia brillante, suave y tersa, con líneas finas y difusas (Melgar, 2014:242).

Los monolitos presentaron una apariencia lisa y brillante, por lo cual, se plantea que les fue aplicado algún acabado, provocando que los desgastes iniciales se hicieran difusos.

Los experimentos fueron realizados por medio de tres técnicas; pulido, bruñido y la combinación de los dos anteriores, sobre superficies previamente desgastadas con lajas o metates, con y sin abrasivos (Fig. 11).

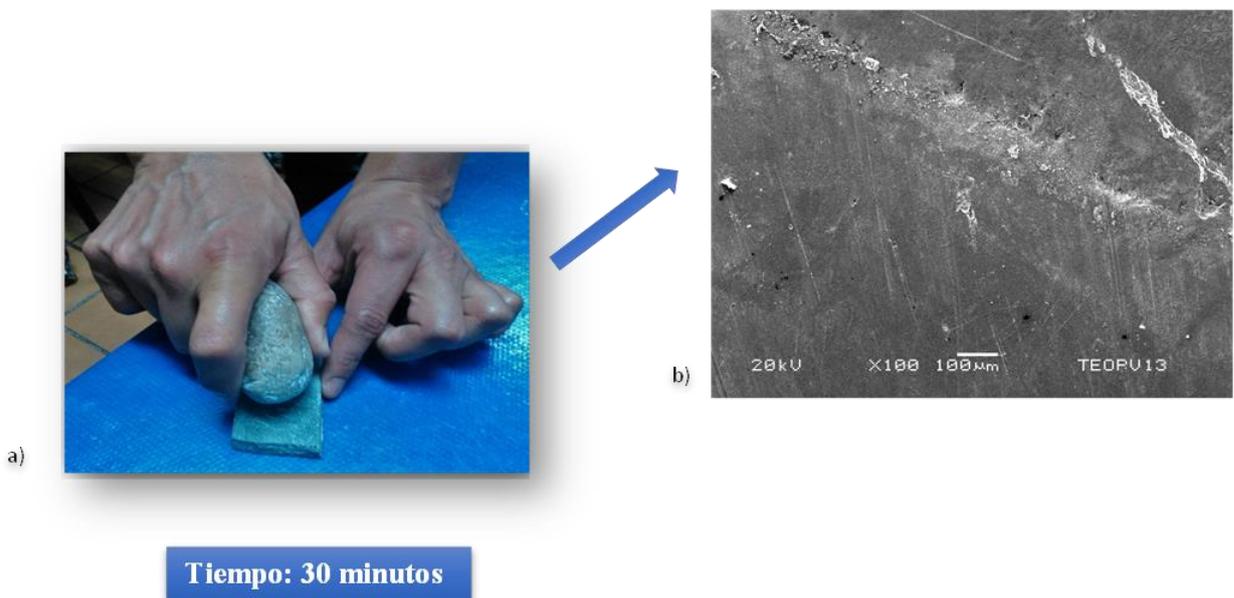


Figura 11. a) Pulido experimental con nódulo de pedernal sobre serpentina (Fotografía Viridiana Guzmán), b) y micrografía a 1000x (Micrografía analizada por Emiliano Melgar).

El pulido se obtuvo por medio de aplicación de arena humedecida y un trozo de piel, el cual se frotó contra una superficie desgastada con movimientos de vaivén alterno y con herramientas líticas como el pedernal.

Se hicieron bruñidos mediante el empleo de trozos de piel en seco que se frotaron sobre superficies desgastadas, con movimientos de vaivén alterno y con movimientos rotatorios.

Las huellas obtenidas por medio del desgaste experimental con una laja de andesita y serpentina fueron bandas de entre 2 a 4  $\mu\text{m}$  y bandas entrecruzadas de aproximadamente 66 a 70  $\mu\text{m}$ , las cuales al ser comparadas con los polímeros replicantes obtenidos de las estelas coinciden con el tipo de huella (Fig. 12).

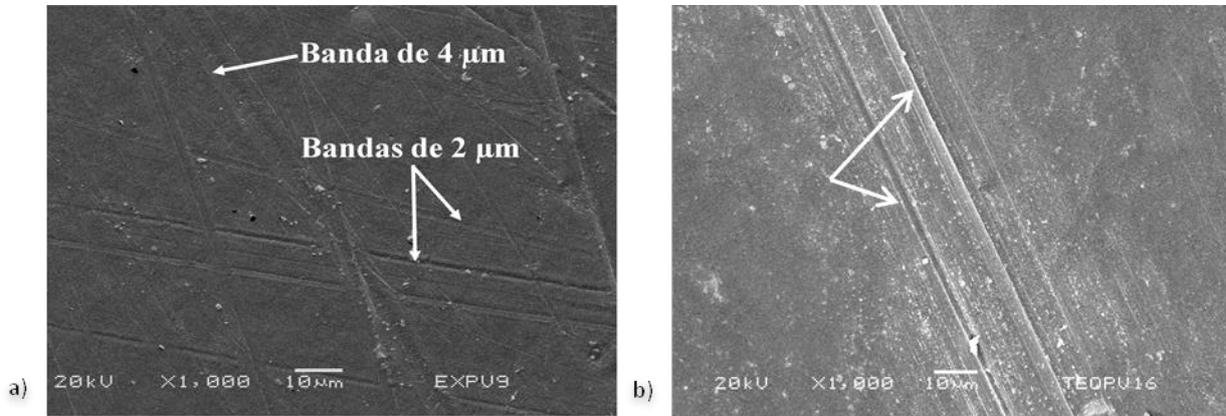


Figura 12. a) Micrografía de superficie de experimental a 1000x, b) y micrografía de estela 1000x (Micrografías analizadas por Emiliano Melgar).

En cuanto el acabado de superficie, fue posible caracterizar el pulido experimental por medio de nódulos de pedernal sobre una serpentina, fueron bandas de entre 2 a 4  $\mu\text{m}$  con microrrayados internos aplanados y difusos debido a que la piel alisa los rasgos que al ser contrastadas con las micrografías de las estelas comparten los rasgos característicos de la aplicación de pedernal y piel. Finalmente se puede apreciar la coincidencia, en cuanto a tecnología, de las huellas obtenidas experimentalmente en estos objetos con otros similares encontrados en la urbe de Teotihuacán (Fig. 13).

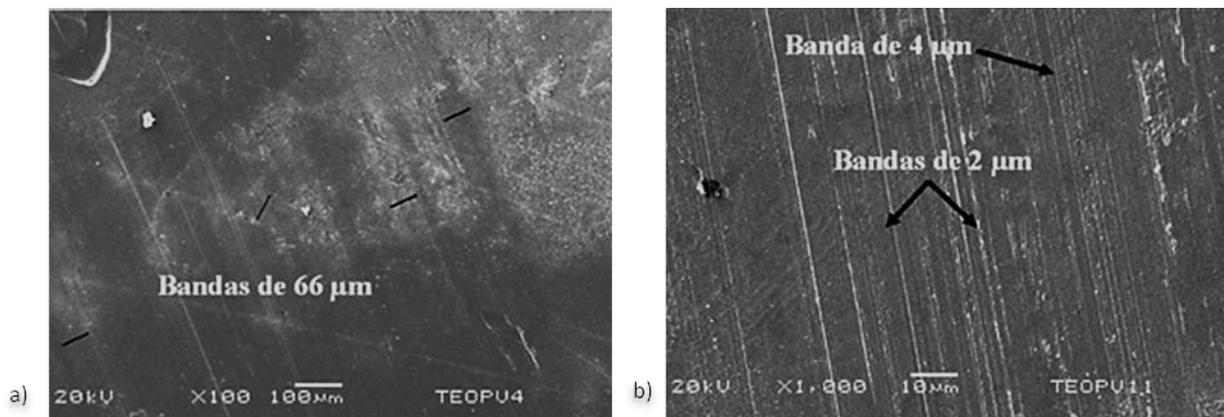


Figura 13. a) Micrografía de superficie Placa trapezoidal de Teopanazgo a 100x, b) y micrografía a 1000x (Micrografías analizadas por Emiliano Melgar).

## 5. RESULTADOS

Por medio de la arqueología experimental y el análisis de huellas de manufactura, fue posible identificar las herramientas utilizadas para la elaboración de los monolitos encontrados en la Estructura A, en Plaza de la Pirámide de la Luna. Por otro lado, gracias a las técnicas de identificación de composición elemental (EDS) y molecular ( $\mu\text{Raman}$ ), permitió conocer la naturaleza de la materia prima sobre la cual fueron manufacturadas

las estelas. Finalmente, en conjunto, los análisis tecnológicos y de composición permitieron realizar una filiación cultural de las mismas.

El análisis EDS, arrojó que la composición estos objetos es diversa; son piedras verdes metamórficas con variaciones en sus elementos coincidiendo con lo detectado en el  $\mu$ Raman el cual indicó, al ser comparadas las muestras de las estelas con serpentinas y otros aluminosilicatos de referencias geológicas conocidas, tener el pico indicados del cuarzo y una cercanía con las serpentinas. El monolito 1 es un silicato de magnesio debido al alto nivel de magnesio es parecida a una serpentina. El monolito 2 es un aluminosilicato rico en magnesio, hierro y calcio, cercana a una serpentina pero no perfecta en su composición. El monolito 3 es un aluminosilicato rico en magnesio y hierro, es cercana a una serpentina pero no perfecta en su composición. El monolito 5 es la más rica en cuarzo al tener los niveles altos de óxido de silicio, mientras que el magnesio y de más elementos son muy bajos.

En cuanto a la arqueología experimental y al análisis tecnológico de la manufactura de los monolitos, se observó que las modificaciones obtenidas con andesita para desgastar la superficie y pedernal para pulir, vistas en el Microscopio Electrónico de Barrido (SEM), al ser comparadas las huellas de manufactura, experimentales ya arqueológicas, fue visible la coincidencia en cuanto a la medida y forma de la huellas, además de coincidir con la manufactura de otras piezas encontradas en el área de Teotihuacan (como son placas trapezoidales y las narigueras en forma de mariposa), por lo que podríamos inferir que la manufactura de los monolitos encontrados en las fosas de la Estructura A, Plaza de la Pirámide de la Luna, fue local.

Aún quedan cuestiones por resolver, pues si bien se logró identificar la materia prima de los monolitos, aún no se cuenta con la identificación del yacimiento del cual provienen. Finalmente es necesario mencionar que las muestras obtenidas de estos objetos actualmente están siendo analizadas por medio de otros estudios como petrografía, para identificar con mayor precisión la estructura de la roca y el origen de la misma.

### **Agradecimientos**

La investigación fue posible gracias al apoyo del Ingeniero Mario Monroy Escamilla, del Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) del INAH, Cristina Zorrilla, del Laboratorio de Materiales Avanzados del IF-UNAM y de los integrantes del “Taller de arqueología experimental en lapidaria” del Museo Templo Mayor, Reyna Solís, Andrea Pérez, Adriana Soto, Marcos Reyes, Edgar Pineda, Henri Bernard, Juan Carlos Meléndez y Hervé Monterrosa, y el apoyo de Rodrigo Vega.

### **Bibliografía**

FEUM (2011): [Sitio Web] <https://www.farmacopea.org.mx/> [Fecha de último acceso 17/05/2019] Comisión permanente de la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos. México: Secretaría de Salud.

GRAULICH, M. (2014): *Moctezuma: Apogeo y caída del imperio azteca*, Ediciones Era, México.

GAZZOLA, J. (2009): “La cadena operativa en la fabricación de máscaras en los talleres de lapidaria de La Ventilla, Teotihuacan”. En MIRAMBELL, L. y GONZÁLEZ ARRATIA, L. (eds.): *Investigaciones recientes sobre la lítica arqueológica*, pp. 61-77, Colección científica 561, INAH.

KYUNG KANG, W., ECHARRI, J. M. y LLORENTE, C. L. (2013): “Servicio de microscopía electrónica de barrido y microanálisis del LIMF-Facultad de Ingeniería. UNLP”. Conferencia impartida en las Segundas Jornadas de Investigación y transferencia, Departamento de Mecánica, Universidad Nacional de La Plata. [Online] <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/38238> [Fecha de último acceso 17/05/2019].

MANZANILLA, L. R. (2012): *Estudios arqueométricos del centro de barrio de Teopanazco en Teotihuacan*, UNAM, México.

MELGAR TÍSOC, E. R. (2014): *Comercio, tributo y producción de las turquesas del Templo Mayor de Tenochtitlan. México*. Tesis de Doctorado en Antropología, UNAM.

MELGAR TÍSOC, EMILIANO R., SOLÍS CIRIACO, R. B., y RUVALCABA SIL, J. L. (2012): “La lapidaria de Teopanazco: Composición y manufactura”. En MANZANILLA, L. R. (ed.): *Estudios arqueométricos del centro de barrio de Teopanazco en Teotihuacan*, pp. 247-284, UNAM, México.

ORTEGA CABRERA, V. (2014): *Informe técnico del Proyecto de Conservación Integral del Edificio 1, Plaza de la Luna, Teotihuacán*. Documento entregado al Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, México

ORTEGA CABRERA, V. (2015): *Informe técnico del Proyecto de Conservación Integral de la Estructura A, Plaza de la Luna, Teotihuacán*. Documento entregado al Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, México.

RATTRAY, E. C. (1997): *Entierros y ofrendas en Teotihuacan: Excavaciones, inventario, patrones mortuorios.*: Instituto de Investigaciones antropológicas UNAM, México.

RUVALCABA-SIL, J. L., FILLOY, L., VAGGI, M., TAPIA-GÁLVEZ, L. H. y SÁNCHEZ-BECERRA, R. (2010): “Estudio no destructivo in situ de la Máscara de Malinaltepec”. En MARTÍNEZ DEL CAMPO, S. (ed.): *La Máscara de Malinaltepec*, pp. 153– 168, CONACULTA-INAH, México.

SOLÍS CIRIACO, R. B. (2015): *Esferas de producción y consumo de la lapidaria de los edificios aledaños al Templo Mayor de Tenochtitlan, México*. Tesis de Doctorado en Antropología, UNAM, México.

---



# ELABORACIÓN DE NÓDULOS EN PORCELANA PARA EXPERIMENTOS DE TALLA LÍTICA<sup>13</sup>

## *Making porcelain nodules for knapping experiments*

Nuria Castañeda Clemente<sup>14</sup>

### **Resumen:**

Se presentan los resultados de una experiencia piloto sobre la fabricación de nódulos de porcelana con dos tipos de masa diferentes y varios colores. La experiencia tiene dos objetivos de cara a futuros programas experimentales. El primero es escoger la calidad de la masa porcelánica en función de su respuesta a la talla con varios percutores. El segundo objetivo es probar la visibilidad de los estigmas de talla en diferentes colores. Un tercer objetivo que subyace en este trabajo es adquirir la competencia en la fabricación de estos nódulos, buscando el autoabastecimiento del Laboratorio de Arqueología Experimental.

**Palabras clave:** materias primas, porcelana, talla lítica.

### **Abstract:**

This work presents the results of a controlled experience on porcelain nodules manufacture using two types of porcelain clay and different colours. The experience has two main objectives in order to carry out future experimental programs. The first goal is to compare and choose which type of clay offers better results on knapping with different hammers. The second objective is to test the visibility of knapping stigmas in different colours. A third objective that underlies this experience is to reach the Experimental Archaeology Laboratory self-sufficiency by acquiring the skill of porcelain nodules manufacture.

**Keywords:** raw materials, porcelain, lithic knapping.

## **1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS**

Realizar programas experimentales con rocas silíceas requiere de una gran cantidad de materia prima que, en ocasiones es difícil de encontrar y se corre el riesgo de diezmar (Khreisheh *et al.* 2013). Utilizar la misma materia prima que los casos arqueológicos que se quieren explicar, suele ser una variable crucial para garantizar una misma respuesta mecánica en determinados experimentos. Sin embargo, cuando se requiere el control de algunas variables y la materia prima no es fundamental en los resultados, puede recurrirse a materiales industriales (p. ej. Crabtree 1971: 22; Speth 1972: 38; Dibble y Whittaker 1981: 284; Davis y Shea 1988: 604; Baena y González 1998:19; Whittaker 1994; Dibble y Pelcin 1995: 429; Whittaker y Stafford 1999; Geribàs *et al.*. 2010; Harwood y Crandell 2010; Khreisheh *et al.* 2013). En ejemplos etnográficos se ha observado la utilización de materiales industriales como el vidrio o la porcelana para realizar las herramientas

---

<sup>13</sup> Recibido: 15/03/2019. Aceptado: 08/05/2019. <http://doi.org/10.15366/baexuam2018-19.13.004>

<sup>14</sup> Universidad Autónoma de Madrid. ORCID: 0000-0001-6563-5750. E-mail: nuria.castaneda@uam.es

necesarias ya que sus propiedades mecánicas son similares a las de algunas rocas silíceas (p. ej. Roy 2009; Cotterell 2010: 95-96): tiene fractura concoidea y predecible.

Además, la porcelana en concreto tiene ventajas sobre otros materiales como por ejemplo el escaso coste económico y la propiedad de poderse modelar o replicar en moldes para conseguir soportes homogéneos (Khreisheh *et al.* 2013).

El objetivo de este trabajo es desarrollar un protocolo para la fabricación de nódulos de porcelana que permitan el abastecimiento de materia prima de futuros programas experimentales en los que no se requiera un tipo de material silíceo concreto. Estos nódulos ya se emplean en experimentaciones y suelen ser encargados a ceramistas (p. ej. Khreisheh *et al.* 2013). En el Laboratorio de Arqueología Experimental de la Universidad Autónoma de Madrid se cuenta con los medios materiales para poder llevar a cabo esta fabricación.

El proceso de trabajo que se describe en esta experiencia piloto consiste en elaborar cuatro nódulos de porcelana, utilizando dos tipos de masa existentes en el mercado y colores claros y oscuros para poder valorar su efectividad ante diferentes técnicas de talla y la visibilidad de los estigmas.

## **2. METODOLOGÍA**

Como punto de partida, se han escogido dos tipos de masa: porcelana SAF (temperatura de cocción 980°, gresificación a 1280°) en colores amarillo y negro y arcilla porcelánica TecniClay (gresificado a 980-1020°) en colores amarillo y azul. Aparte de las diferencias en la temperatura de gresificación, la porcelana TecniClay incluye mucha más cantidad de agua que la SAF, lo cual tendrá consecuencias en el cálculo de la masa inicial necesaria para otros experimentos.

La elección de los colores se debe a la necesidad de comprobar la visibilidad de los atributos en colores claros u oscuros. La porcelana blanca no se tuvo en cuenta en comparación con experiencias de análisis sobre sílex de color blanco en el que tanto extracciones muy planas, como huellas de impacto, son muy difíciles de apreciar. Además de las dificultades que presentan, por ejemplo, ante la fotografía.

Se han elaborado cuatro nódulos con un peso inicial de masa de porcelana de 1 k (Fig. 1). Se ha escogido modelarlos en forma de riñones oblongos que faciliten una talla bifacial, determinado por el tipo de experimentos que se realizarán en próximos programas experimentales. La primera observación indica que el peso de 1 k en húmedo es insuficiente para llevar a cabo muchas de las reducciones líticas que se pretenden realizar en un futuro como bifaces o hachas, teniendo en cuenta que, en el proceso, los nódulos perderán como mínimo, el peso del agua que contienen.



*Figura 4: aspecto de los nódulos modelados en crudo.*

Los cuatro nódulos se mantuvieron en el proceso de secado, en interior a temperatura constante, durante 20 días. Tras este proceso se midieron y pesaron, constatando una pérdida de agua diferencial según los dos tipos de masa. Las arcillas TecniClay perdieron un 27-28%, mientras que los nódulos de porcelana SAF perdieron un 26,2 % y un 24 % respectivamente (Tabla 1).

Nódulos	Masa	Color	Dimensiones (mm)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Peso cocido (g)
1	Tecniclay	Amarillo	170x97x38	1000	724	606 g total; 3 fragmentos mayores pesan 66, 92 y 116 g
2	Tecniclay	Azul	182x98x34	1000	720	572 g total; los dos fragmentos mayores pesan: 124 y 354 g (480 g juntos)
3	SAF	Amarillo	163x107x36	1000	738	632 g total; el fragmento mayor pesa 394g
4	SAF	Negro	174x122x29	1000	760	678 total; el fragmento mayor pesa 534 g

Tabla 1: Datos de los nódulos: tipo de masa, color, dimensiones y pesos en las diferentes fases del proceso.

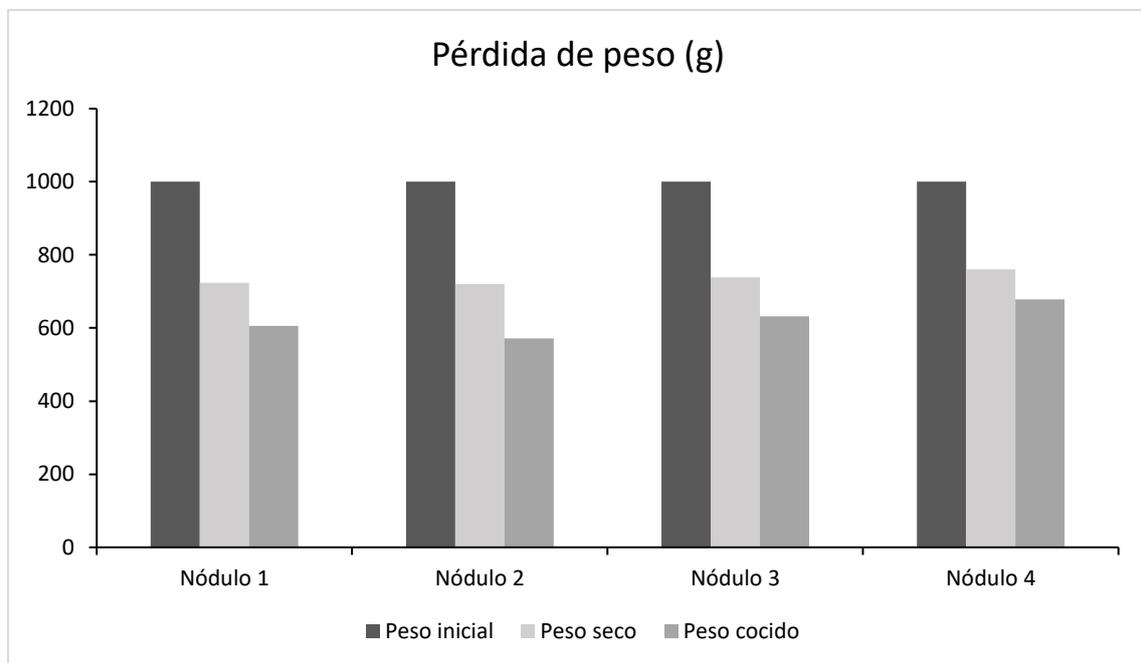


Figura 5: Gráfico de la pérdida de peso sufrida por los cuatro nódulos en las diferentes fases del proceso

En cuanto a la cocción, esta se realizó en el horno eléctrico del Laboratorio de Arqueología Experimental. Dadas los diferentes puntos de gresificación de las dos masas utilizadas y, teniendo en cuenta el límite de temperatura del horno (1200°) y que se

buscaba la gresificación de los nódulos para obtener una textura lo más próxima posible a las rocas silíceas, se programó una curva de cocción que alcanzara los 1100° y se mantuviera 15 minutos en esas condiciones (Fig. 3). El horno tardó 5 horas en alcanzar dicha temperatura y 24 horas en descender a temperatura ambiente.

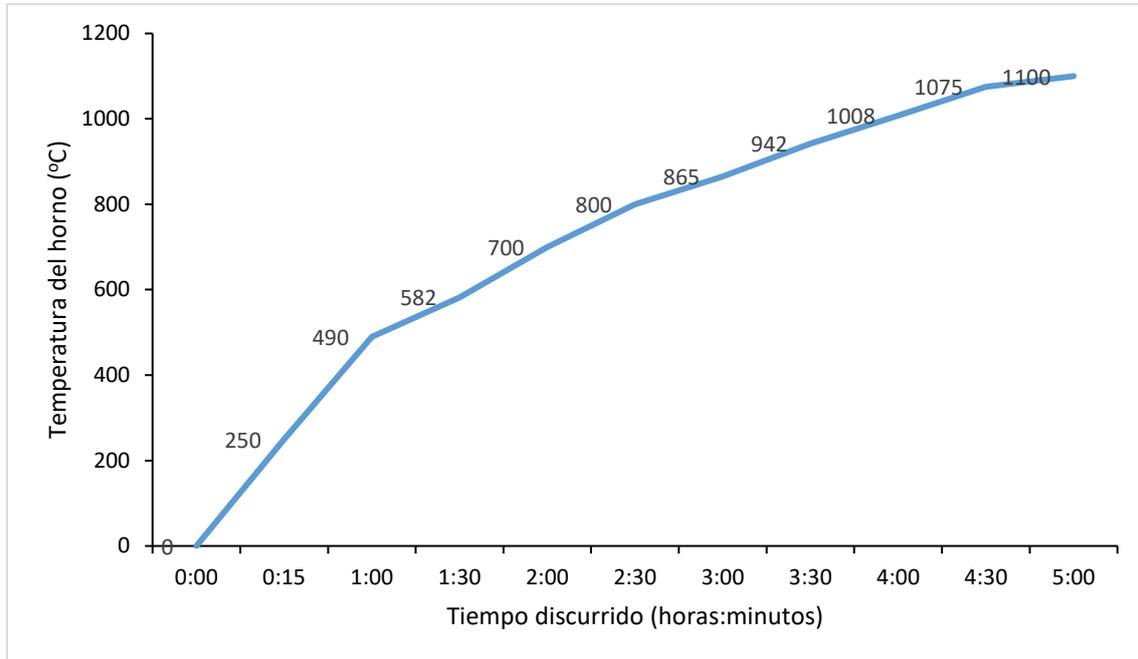


Figura 6: Curva de temperaturas del horno en la cocción de la cerámica. La curva de descenso duró 24 horas.

### 3. RESULTADOS

Defectos en el amasado produjeron la fragmentación de los nódulos por burbujas de aire existentes (Fig. 4) De lo que se desprende que el buen amasado es fundamental para el éxito de la cocción, como es lógico. Los nódulos de arcilla TecniClay llegaron a la gresificación con un aspecto vítreo al exterior en el caso del nódulo 1 y aspecto vítreo generalizado en el caso del nódulo 2 (Fayenza).

Se constata una dramática reducción de peso en todo el proceso, si obviamos el hecho de la fragmentación por la presencia de burbujas, el volumen inicial se ha reducido entre un 32,2% (nódulo 4) y un 42,8% (nódulo 2). Esto indica que para garantizar un nódulo de peso final de 1000 g se debe utilizar un peso inicial de entre 1300 y 1400 g de masa en húmedo.

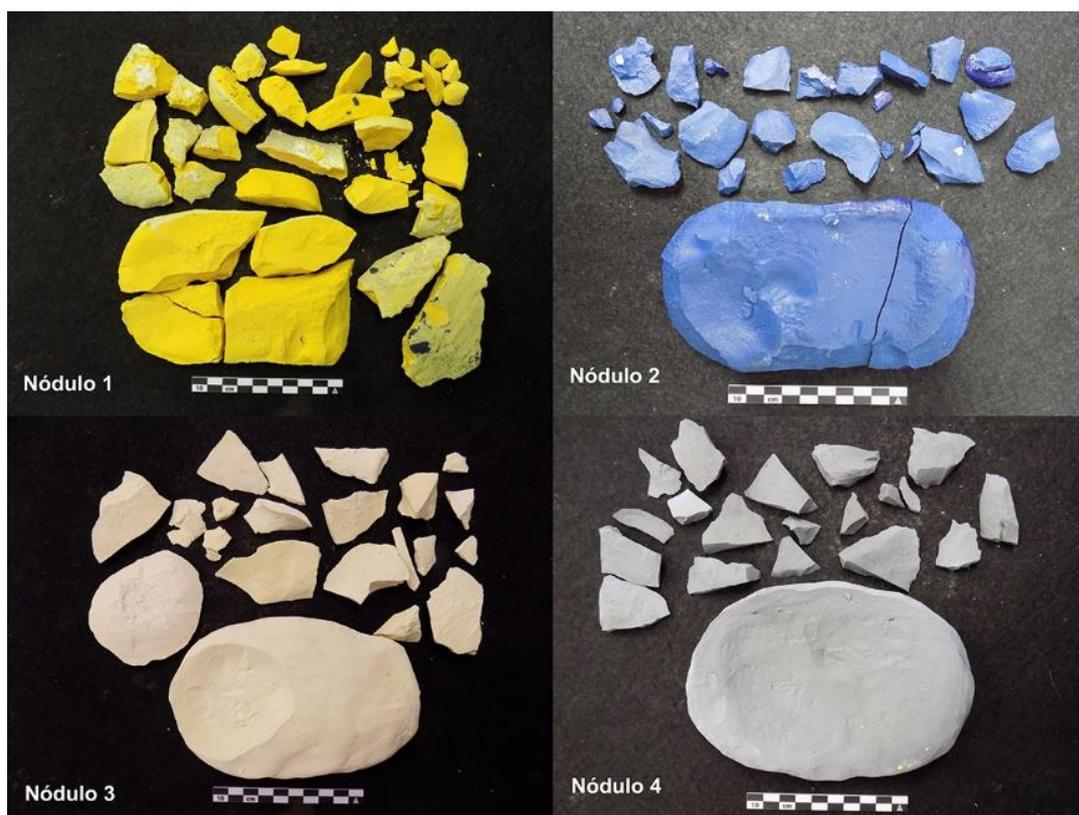


Figura 7: Aspecto de los cuatro nódulos una vez cocidos.

Como resultado del incidente durante la cocción, el experimento quedó un poco limitado sobre todo en el caso del nódulo 1, cuyo fragmento de mayor tamaño pesa 116 g. En el resto de nódulos, la masa resultante es suficiente para probar con diferentes modalidades de percusión directa.

La experiencia se ha visto ampliamente beneficiada por la participación del Prof. Javier Baena que se ha ofrecido a probar la respuesta de los nódulos a los diferentes tipos de percusión.

### 3.1. Prueba con percutor mineral (piedra dura):

Los cuatro nódulos han ofrecido una respuesta positiva ante la percusión con cuarcita (Fig. 5). La distinción de atributos de distintas técnicas de talla no es el objetivo ni de este trabajo, ni de las futuras experiencias que lo han originado. No obstante, se ha podido observar con esta experiencia que las propiedades de la porcelana atenúan los atributos propios de la percusión con percutor mineral duro. Estos se asemejan a los producidos con percutores elásticos. En general, los conos de percusión no aparecen tan marcados, ni por supuesto, las ondas y los talones parecen más finos.

En su valoración, el profesor Baena destaca la homogeneidad del material en general, no mostrando preferencias por ninguno de los nódulos. Si bien los nódulos 2 y 4 presentan un comportamiento más parecido entre sí.

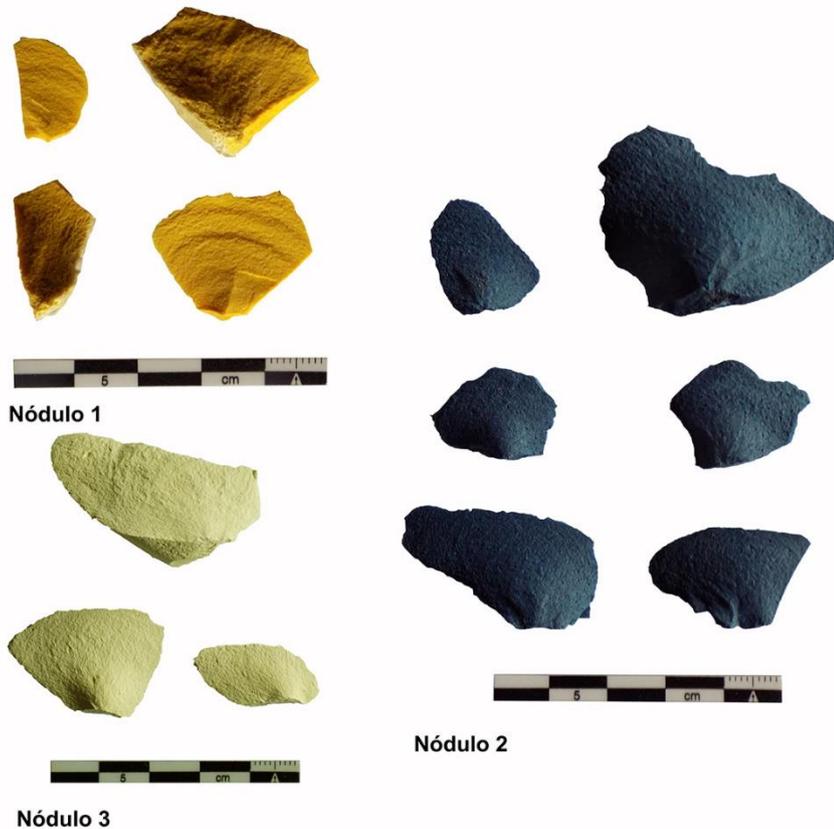


Figura 8: caras ventrales de los productos obtenidos con percutor de cuarcita.

### 3.2. Pruebas con percutor mineral (piedra blanda):

De la misma forma, los cuatro nódulos se han sometido a la percusión con percutor mineral de caliza, mostrando diferencias entre los diferentes nódulos.

Al margen de las dificultades propias del núcleo 1 que ha quedado muy mermado por la cocción, se observa una respuesta muy positiva para la laminación con golpe tangencial.

En cuanto al nódulo 3 presenta un comportamiento muy parecido a la caliza silicificada.

En este caso, el tallador prefiere claramente los nódulos 2 y 4, que presentan características similares.

De nuevo se observa que los atributos son muy similares a los de percutores orgánicos.

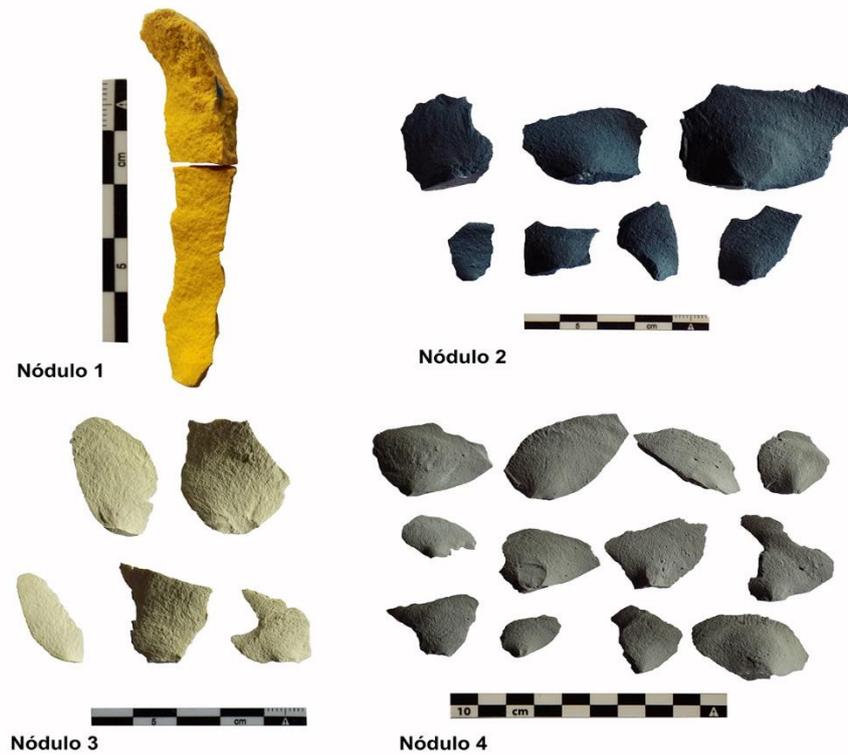


Figura 6: caras ventrales de los productos obtenidos con percutor de caliza.

### 3.3. Pruebas con percutor orgánico (madera):

Al probar los nódulos con percutor de boj, se observa una mayor tenacidad en los nódulos 2 y 4 (Fig. 7) y un buen resultado general, obteniéndose extracciones más invasoras y con alta frecuencia en la aparición de labios.

### 3.4. Pruebas con percutor orgánico (asta):

En general, la talla con percutor de asta ha sido la que mayores diferencias ha aportado (fig. 8). El nódulo 3 no permite una preparación por abrasión, ya que, al no haber alcanzado el punto de gresificación, se deshace y el asta produce el redondeamiento de los filos evitando el agarre del percutor al nódulo. Para conseguir resultados positivos, el tallador debe aumentar la velocidad del golpe.

El nódulo 4 alcanzó un punto de cocción en el que la abrasión era posible pero no totalmente satisfactoria.

Sin embargo, el nódulo 2 sí permite la abrasión sin deshacer los filos al haber alcanzado el punto de gresificación. Su comportamiento es óptimo.

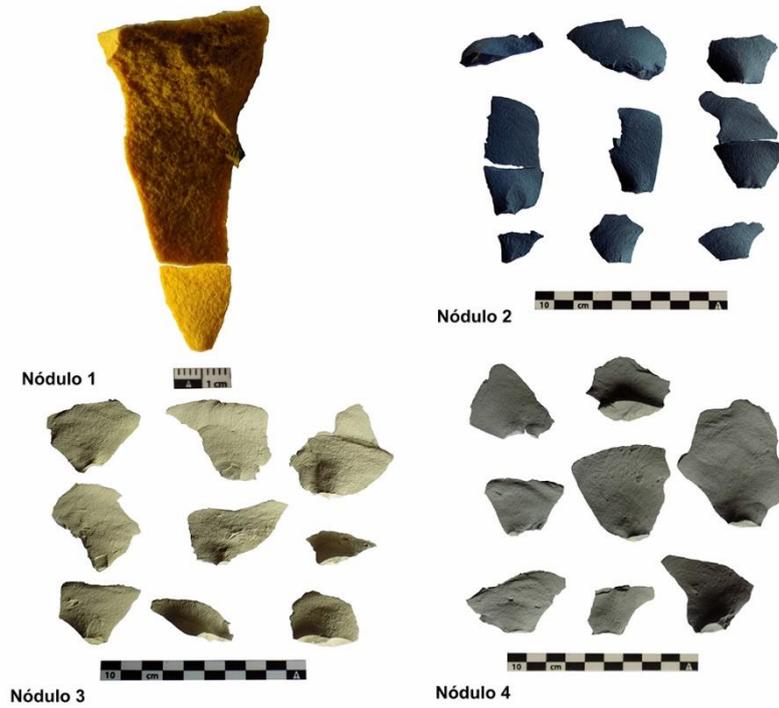


Figura 10: caras ventrales de los productos obtenidos con percutor de boj.

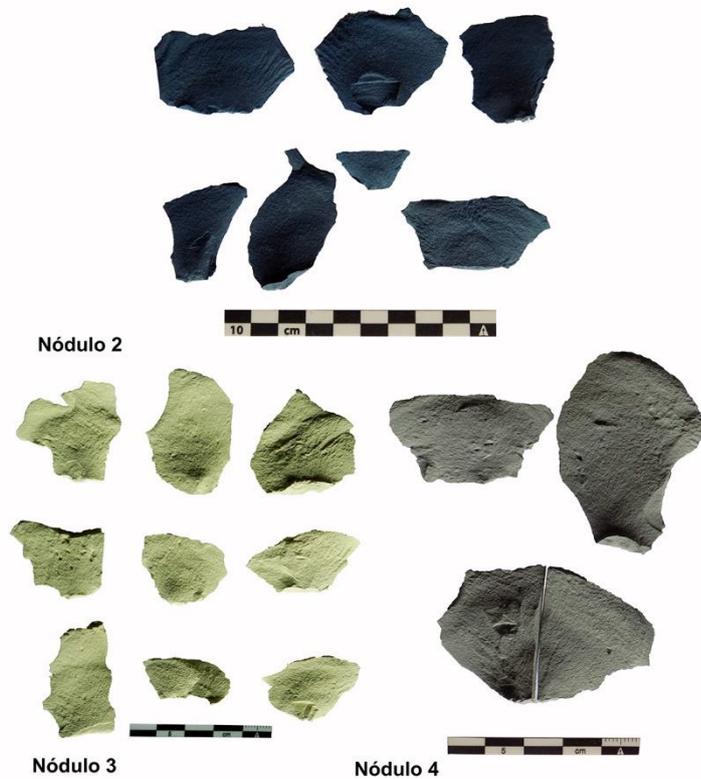


Figura 9: caras ventrales de los productos obtenidos con percutor en asta de alce.

### **3.5. Visibilidad**

El segundo objetivo de este trabajo era comprobar si la visibilidad de los atributos de talla es mejor en colores claros que en oscuros. A este respecto, hay que señalar que todos los núcleos presentan una buena visibilidad, si bien las huellas de los impactos no son apreciables en los nódulos 1 y 3, de color amarillo. Los impactos quedan bien registrados en los nódulos oscuros, 2 y 4, si bien en el caso del nódulo azul, se observan de forma especialmente buena los impactos realizados con boj y asta, ya que los restos amarillos de los percutores que quedan desprendidos en el nódulo contrastan de forma especialmente óptima en el color azul, al ser complementarios.

En cuanto a los impactos con piedra, los nódulos oscuros ofrecen un buen contraste con la zona del impacto en la que se produce una pequeña “pulverización” de color blanco.

En cuanto a la visibilidad de ondas, estrías y la producción de accidentes, parece buena en los cuatro nódulos. Aun así, en el nódulo 1 no pudo comprobarse del todo por su mayor nivel de fragmentación. En este caso hay que señalar que presentaba zonas de aspecto esponjoso o poroso por cientos de pequeñas burbujas que no favorecen la visibilidad de estigmas sutiles.

Los nódulos óptimos para la visibilidad de atributos son los oscuros (números 2 y 4).

## **4. CONCLUSIONES**

Esta no es la primera vez que se sustituyen las rocas por porcelana en experimentos de talla lítica. Sin embargo, la fabricación de nódulos y otros detalles no suelen ser descritos en la literatura.

En este trabajo se han fabricado cuatro nódulos de porcelana en dos tipos de masas diferentes (TecniClay y SAF) con temperaturas de gresificación distintas. El objetivo era probarlos para determinar si su comportamiento ante la percusión directa es similar al de las rocas silíceas y cuál sería un color óptimo para la visibilidad de atributos.

La primera conclusión a extraer de esta experiencia es que es necesario poner mucha atención en cada proceso de fabricación para garantizar el éxito. El amasado debe ser muy cuidadoso, ya que, aunque la aparición de algunas burbujas en los nódulos tallados indica que han aguantado el proceso de cocción, la fracturación de algunas partes sugiere que una sola de esas burbujas puede impedir el trabajo posterior.

Los cuatro nódulos sufrieron una pérdida de peso bastante notable en el proceso de secado entre un 24 y un 28%. Para obtener un nódulo cocido de 1 k de peso como mínimo, que permita la elaboración de objetos de un cierto tamaño, se necesitaría entre 1330 y 1400 g de masa inicial en húmedo.

Las pruebas efectuadas con percusión directa y percutores minerales y orgánicos han revelado que la porcelana es un material apto que ofrece una tenacidad similar a la de las rocas silíceas y homogeneidad.

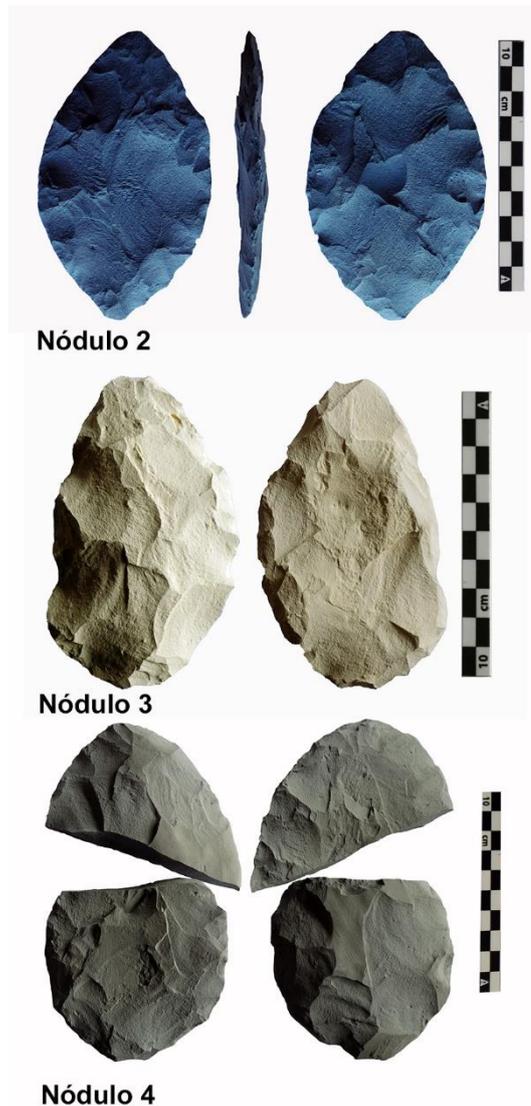


Figura 11: aspecto final de los nódulos tallados en forma de foliáceos.

En general, el nódulo con arcilla TecniClay azul que había alcanzado el punto de gresificación (nódulo 2), ha respondido de manera óptima a los cuatro tipos de percutores, siendo el que mejor resultado ha ofrecido ante la abrasión con arenisca previa a la percusión con asta. El nódulo 4, de color gris oscuro, elaborado con porcelana SAF ha respondido de forma similar.

El que dos nódulos con el mismo tipo de masa (3 y 4) respondan de manera diferente habiendo sido sometidos a la misma cocción solamente puede explicarse por la acción de los componentes añadidos responsables del color que parece que están influyendo en el proceso de alguna manera.

En cuanto a la visibilidad de los atributos en este tipo de material, se ha comprobado, tal y como esperábamos al inicio de la experiencia, que los nódulos de color oscuro facilitan la visibilidad tanto de impactos como de ondas y estrías.

La arcilla TecniClay presenta dos ventajas fundamentales sobre la porcelana SAF, además de haber obtenido los mejores resultados en las pruebas realizadas. La primera es que requiere menor temperatura para alcanzar la gresificación y eso permite un ahorro

energético importante en su fabricación en serie para grandes cantidades. La segunda ventaja es que el precio por kilo es inferior al de la porcelana SAF negra.

Sin embargo, el mayor contenido de agua tiene como consecuencia que sea necesario más masa inicial para obtener los mismos resultados en comparación con la porcelana SAF negra. Como resultado, apenas hay diferencias económicas en el precio de la masa en crudo.

### **Agradecimientos:**

Este trabajo se realizó gracias a un contrato postdoctoral del Programa de Atracción del Talento Investigador de la Comunidad de Madrid 2017-T2/HUM-3488 y al proyecto PGC2018-093309-A-I00 “Aprendizaje en la Prehistoria” del Programa Estatal de Generación de Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Sistema de I+D+i, cofinanciado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

La autora quiere agradecer al Prof. Javier Baena Preysler, su experiencia y disponibilidad para la talla de los nódulos cocidos y al Laboratorio de Arqueología Experimental de la Universidad Autónoma de Madrid.

### **Bibliografía**

BAENA, J. y GONZÁLEZ, J. (1998): “Las materias primas”. En J. BAENA (coord.). *Talla lítica experimental. Introducción a la talla de utillaje prehistórico*. BAR International Series, 721: 19-26. Oxford.

COTTERELL, B. (2010): *Fracture and Life*. Imperial College Press, Londres.

CRABTREE, D. E. (1971): “Notes on Experiments in Flintknapping 3: the flintknappers raw material”. En CRABTREE, D. E. *Experiments in Flintworking*: 8-24. Idaho State University Museum, Pocatello.

DAVIS, A. J. y SHEA, J. J. (1988): “Quantifying Lithic Curation: an Experimental Test of Dibble and Pelcin’s Original Flake-Tool Mass Predictor”. *Journal of Archaeological Science*, 25: 603-610.

DIBBLE, H. L. y PELCIN, A. (1995): “The Effect of Hammer Mass and Velocity on Flake Mass”. *Journal of Archaeological Science*, 22: 429-439.

DIBBLE, H. L. y WHITTAKER, J. (1981): “New experimental evidence on the relation between percussion flaking flake variation”. *Journal of Archaeological Science*, 6: 283-296.

Geribàs, N.; Mosquera, M. y Vergès, J. M. (2010): “What Novice Knappers Have to Learn to Become Expert Stone Toolmakers”. *Journal of Archaeological Science*, 37: 2857-2870

HARWOOD, R. y CRANDELL, O. (2010): “Practical Applications of Dekton Artificial Rock for Experimental Archaeology and Traditional Lithic Technology”. [Online]. Puget Sound Knappers [http://pugetsoundknappers.com/interesting\\_stuff/Dekton.html](http://pugetsoundknappers.com/interesting_stuff/Dekton.html). [Último acceso 15/03/2019]

KHREISHEH, N. N.; DAVIES, D. y BRADLEY, B. A. (2013): "Extending experimental control: the use of porcelain in flaked stone experimentation". *Advances in Archaeological Practice*, 1(1): 38-46.

ROY, B. (2009): "Prehistoric sites in Mandla, Madhya Pradesh (India), with evidence of using modern materials". *Hukay*, 14: 25-46.

SPETH, J. (1972): "Mechanical basis of percussion flaking". *American Antiquity*, 37: 34-60.

WHITTAKER, J. C. (1994): "Flintknapping: Making and Understanding Stone Tools". University of Texas Press, Austin.

WHITTAKER, J. y STAFFORD, M. (1999): "Replicas, Fakes, and Art: the Twentieth Century Stone Age and its Effects on Archaeology". *American Antiquity*, 64(2): 203-214.

---



# EXPERIMENTAL ARCHAEOLOGY IN ITALY<sup>15</sup>

## *Arqueología experimental en Italia*

Sabrina Armenio; **Error! Marcador no definido.**<sup>16</sup>

### **Abstract**

This paper is a review of the establishment of experimental archaeology in Italy from an historical perspective: from the first attempts to introduce experimentation in archaeological and Heritage culture, by the end of the 70s (with a clear delay comparing with the rest of Europe), up to its recent systematization. The first experimental approach, both in the academy and university, in Italy occurred in the 80s, with the creation of several institutes devoted to experimentation, as the Italian Institute of Experimental Archaeology (1986) that is still active. This institute has created a team able to experiment with an architecture of archaeological research and subsequent reconstruction on a broad scale.

This paper includes also a review of the introduction of experimental archaeology in the academy. Several laboratories of experimental archaeology have been created in Italian universities, specifically integrated into the university teaching program. Finally, this work includes a short revision of the contribution in experimental archaeology by individual scholars, academics or not to the expansion of research, and the role of the archaeological parks.

To address this issue, some case studies are reported to highlight the main trends in different regions of Italy.

**Keywords:** Italy, Experimental Archaeology, historiography.

### **Resumen**

Este artículo es una revisión de la implantación de la arqueología experimental en Italia desde una perspectiva histórica: a partir de los primeros intentos de introducir la experimentación en la cultura arqueológica y del Patrimonio, desde finales de los años 70 (con un claro retraso en comparación con el resto de Europa), hasta su reciente sistematización. El primer acercamiento a la experimentación, tanto en la academia como en la universidad, tuvo lugar en los años 80 con la creación de varios institutos dedicados a la actividad de experimentación, como el Instituto Italiano de Arqueología Experimental (1986), todavía activo. Este instituto se ha dedicado a crear un equipo capaz de hacer investigación en arquitectura experimental y posterior reconstrucción a gran escala.

Este trabajo incluye también la revisión de la aplicación de la arqueología experimental en la academia. Se han creado varios laboratorios de arqueología experimental en varias universidades italianas, específicamente integrados en el programa de enseñanza universitaria. Por último, se trata una breve revisión de la arqueología experimental realizada por personas individuales, académicos o no, y el papel de los parques arqueológicos, que han contribuido a la expansión de la investigación. Para abordar el

---

<sup>15</sup> Recibido el 21/08/2018. Aceptado el 08/05/2019. <http://doi.org/10.15366/baexuam2018-19.13.005>

<sup>16</sup> Universidad Autónoma de Madrid. Università di Genova. ORCID: 0000-0002-8386-2938. E-mail: [sabrina.armenio@hotmail.it](mailto:sabrina.armenio@hotmail.it)

problema, se utilizan algunos casos de estudio con el objetivo de subrayar las tendencias principales en diferentes regiones de Italia.

**Palabras clave:** Italia, Arqueología experimental, historiografía.

## 1. INTRODUCTION:

*“Experimental archeology is an attempt to reproduce through experiments, in the material and organizational conditions that are as close as possible to ancient ones, instruments, objects and buildings, and to reproduce the circumstances in which the goods themselves have degraded or destroyed.” (Coles, 1981)*

According to Coles (1981), Experimental Archaeology is responsible for investigating historical processes. Through this method of research, it helps us to evaluate human choices and raw material constraints in technological behaviours, and some of the fundamental economic and subsistence strategies from ancient Prehistory to historical periods and contemporary archaeology. In fact, through an imitative experiment, it tries to replicate phenomena of the past with the aim of verifying hypothesis of interpretations and acquiring greater knowledge in Archaeology.

This discipline originated in the early nineteenth century, in parallel with the beginning of the systematic study on Pale ethnology, as a discipline that studies the Prehistory. The nineteenth-century pioneers, especially from the Anglo-Saxon and Scandinavian world, based their first experiments on the use and production techniques of some prehistoric artefacts found at excavations. Initially it focused on reproducing and analysing lithic objects, and, subsequently, the experimental analysis spread also to other materials, such as ceramics and metals.

After the first attempt of experimental reproduction, the development of a scientific Experimental Archaeology took place. It means that, after an initial phase of imitation and the so called ‘experiences’ (Reynolds, 1999), it became a genuine experimental method that includes the measure and control of variables, the reproducibility of processes and the development of specific analytical procedures.

In the American anthropological archaeology, a cultural movement developed in the 1960s, which characterized archaeology, especially in the Anglo-Saxon environment, until the early 1980s, the main exponent of this currently known as ‘New Archaeology’<sup>17</sup> or even processual archaeology, was Lewis Binford<sup>18</sup>. He and his colleagues rebelled against the principle that each cultural phenomenon was unique and unrepeatable, thus denying any value to the comparative procedures between different ethnic and historical contexts. His study has allowed consolidating the first rules of experimental archaeology, considering the tools as a mean ‘*to go back to the society that produced them*’ (Binford and Binford, 1968).

The discipline was defined from a theoretical point of view in 1973, with the publication of *Archaeology by Experiment* by John Coles. Coles examines major trends and gives an

---

<sup>17</sup> This archaeological theory was born in 1958 thanks to Gordon Willey and Philip Phillips. It focused on the archeology of prehistoric and protohistoric scope. It was practiced since the 1960s, first in the United States of America (in particular by L.R. Binford, K.V. Flannery, and the reworking by M. B. Schiffer) and, therefore, in Great Britain (by D.L. Clarke and C. Renfrew) and, then, in other parts of Europe. Many consider Gordon Willey as the innovator of theoretical archeology.

<sup>18</sup>He wrote about this theory in a series of articles, and later in the volume entitled *New Perspectives in Archaeology* (Binford and Binford, 1968).

overview and a brief history of experimental archaeology, within its contemporary context and that of archaeology. In his work, the importance of ethnography is a recurrent theme, in order to record information before it is lost forever. The goal of all this, was avoid losing the meaning of the use of a specific object, leaving archaeologists to misinterpret artefacts. Watching an expert, when creating and using a tool is the best way to understand it, especially because it can explain how it works (Blockley, 1999).

## **2. THE ORIGINS OF EXPERIMENTAL ARCHAEOLOGY IN ACADEMIC ITALY**

In some European countries (Denmark, France, England and Holland) several centres devoted to experimental research have been created through the work of some researchers<sup>19</sup>, over the years.

Although in the 1970s European and extra-European studies began to progress and develop, in Italy the few existing attempts to experiment did not find interlocutors in the academic world, remaining mostly just as a topic of curiosity or reading or, even worse, for profit doing it<sup>20</sup>. A substantial change occurred in the 1980s. According to A. Guidi, and others (2003), in this decade, there were not many experimental experiences in the research field, or at least few were published in an exhaustive way. However, it was possible to find the first approaches to experimental archaeology above all, as those regarding litho-technic problems of, such as the predetermination of Levallois and blade splinters (Chelidonio and Farello, 1976), or the construction and use of Palaeolithic *lucerna* (Chelidonio, 1982). An example can be seen in the work carried out by Bernardo Bagolini, in which, starting from previous experiments carried out by European and American researchers, he began the practice of the litho-technical studies and their functional applications (Bagolini and Scanavini, 1974).

It is considered that the first experimental approach in the academia and university in Italy took place in the 80s, in the Prehistoric archaeology courses held by the Università Popolare di Torino conducted by Borrelli Nicola Silvano as teacher. The first course was organized under the name of the Centro di ricerca e studio di archeologia sperimentale, that later joined the CAST (Center of Experimental Archeology of Turin). This was an association of researchers who conduct investigation and study activities to clarify methods and materials regarding technologies of the past with a broad spectrum. The CAST was not chronologically limited, although it showed a certain prevalence in the pre-protolithic context. In 1982-83, the LIAST (Italian Laboratory of Experimental Archaeology of Torino) was created from these two organizations, Nowadays, it is informally established and currently active. It is divided into several departments:

---

<sup>19</sup> For example, in Bordeaux by François Bordes, whose experimental "school of lithotechnics" was active early on the 1950s, or in the United States by Don Crabtree. However, other large-scale research was also carried out over the years in Europe and the United States. The contemporary experience of two very different schools from archeology remains significant: the "western" one, of which A. Leroy-Gourhan and L.R. Binford represent two pivotal figures, and the Soviet functionalist school of S. A. Semenov (Guidi et al., 2003)

<sup>20</sup> Such as the work of functional analysis conducted by Bagolini and Scanavini in 1974, on the Fimon scrapers, that was never published in scientific journals, but it was developed in the informative sphere (Bagolini y Scanavini, 1974).

Prehistory, current primitives, Ancient History, Middle Ages, Renaissance and machines of the First Industrial Revolution<sup>21</sup>.

Later, in 1986, the Istituto italiano di archeologia sperimentale (IIAS) was created in Milan (currently headquartered in Genoa) by a group of researchers from several fields of knowledge with active interest in experimental archaeology and museology. Throughout the years, the IIAS has formed a team capable of experimenting on functionality of ancient architecture through archaeological research and subsequent full-scale reconstructions of buildings allocated towards educational use (Tinè, 1999).

The creation of these institutions was very important as it showed an initial interest from academic institutions to this issue. However, it was especially thanks to the work by Professor Peretto in 1993 on the site of Isernia La Pineta (Peretto, 1994) that the interest in the discipline grew it (Fig. 1. left). His research, carried out with the University of Ferrara, has found one of the most important and complete lower Palaeolithic areas of Europe, and has been subjected to intense lithic experimentation. In fact, starting with a detailed analysis of the lithic artefacts recovered from the site, it was decided on reproducing some objects to refute some hypotheses of the study, for example, the production techniques and use of tools (Peretto, 1998). The contributions of the University of Rome “La Sapienza”, on the Middle Palaeolithic site of ‘Grotta Breuil’ (Lazio, Italy) were of same importance. (Fig. 1. right) The multidisciplinary experimental program through the lithic industry highlight the Neanderthal adaptations and technical responses with relation to raw material in this site (Guidi et al., 2003).



Figure 1: left.-Isernia-La-Pineta Archaeological site; right.-Grotta Breuil, San Felice Circeo

Thanks to this first research, the fundamental role of experimental archaeology in higher education reached acknowledgement. Applying experimentation to all disciplines of archaeology has meant an important step in education. It allows, on the one hand, to put one’s knowledge into practice and, on the other hand, it can be pointed to “problem solving” in field research. Archaeologists try to understand and interpret contexts during field activities, mainly excavations, and must refer to all the available knowledge including their own experience in experimental archaeology (Cattani, 2016).

The following are some examples of university institutes that have integrated experimental archaeology into their training plans:

- the University of Siena, which in 1998-99, together with the Department of Historical Sciences and Cultural Heritage, founded the Laboratory of Experimental Archaeology

---

<sup>21</sup> <http://www.liast.it/indexita.htm>

(LARS), as a result of the deep experimentation activity conducted and initiated by Prof. Attilio Galiberti (Tarantini and Galiberti, 2011), oriented both to archaeological research and divulgation, and focused on the study of lithic, ceramic, metallurgical and fire production.

- the Department of Archaeology and Cultures of the ancient world, from the University of Bologna, that has organized an experimental archaeology laboratory, under the direction of Professor Maurizio Cattani. This laboratory was founded in 2011 and it carries out archaeological research on Italian prehistoric and protohistoric contexts, with preference to the study of Neolithic and Bronze Age contexts. This research includes various types of ceramics, metals, earthen and wooden structures, spinning and weaving, cooking systems and prehistoric cultivation techniques (Cattani, 2016) (Fig.2).
- The University of Trento with the “Bernardino Bagolini” Laboratory (LAB), directed by Professor Annalisa Pedrotti (Professor of Prehistory and Protohistory). The research carried out by the LAB concerns historical geography and archaeology, including, as regards the latter, the whole chronological period from prehistory to the Middle Ages, with special attention to methodological aspects, the territory uses and the genesis of archaeological stratifications from the Italian territory<sup>22</sup>.
- The University of Sassari, established in 2009-2010 the Laboratory of Prehistory and Experimental Archaeology (LaPArS) at the Department of History, Human Sciences and Education by Ramona Cappai and Laura Manca, in which the technological analysis applied to the lithic industry, ceramics and to the industry in animal hard material are dealt with.
- They have followed practical lessons on the analysis and on the description and representation of archaeological artefacts (Mellis, 2018) (Fig. 2c).
- The Laboratory of Experimental Archaeology and Research on Technology (LASERT) of the Department of Cultural Heritage of the University of Padua. From November 2016, the LASERT is fully active at the Archaeology Laboratories of Ponte di Brenta.

It is currently dedicated to the project *We recreate the Francois Vase*, (the most important painted vase of ancient Greece), working on reconstruct a faithful replica of a VI-V century BC Greek kiln, within which a natural scale copy of the famous vase will be cooked. LASERT also works the main processes for processing materials such as copper, iron or glass (Fig. 2b).

---

<sup>22</sup><http://laboratoriobagolini.it/laboratorio/>



Figure 2: some images from the educational laboratories of several mentioned universities. a): experimenting with pottery cooking and bronze smelting (Cattani M., 2016); b): model of the kiln, currently being pre-recorded (LASERT, 2016); c): LAParS

### 3. THE CONTRIBUTION OF NON-ACADEMIC INITIATIVES IN RESEARCH

Despite academic research has contributed to expand experimentation, there are many examples of the work done by individual scholars, both academics or not. It results more prolific, mainly in the reproduction of objects and their operational chains. For obvious reasons, it is not possible to mention all the archaeological experiments carried out by individuals over the years; but this work will report some examples of these activities that have been accomplished in Italy though the last decades and recently.

It is worth to mention the works of A. M. Bietti and P. Pulitani, on the finds of the Lazio necropolis of Osteria dell'Osa (Bietti and Pulitani, 1992) (Fig. 3). It consisted in reproducing several ceramic typologies to understand technical-operational aspects and the organization and division of labour of the site's people (Guidi et al., 2003). Another important research was carried out by Renato Perini for the exhibition that took place in 1988 at Trento, on wood working at the Fiavé lake dwelling. This work started from the study of the wood findings in post holes, from the Fiavé and Lavagnone dwellings. Perini tried to reconstruct the operating chain that led to the construction of the piles: from the choice of the type of wood to the finishing, including the search for processing traces and the subsequent identification of the instruments used (Guidi et al., 2003).

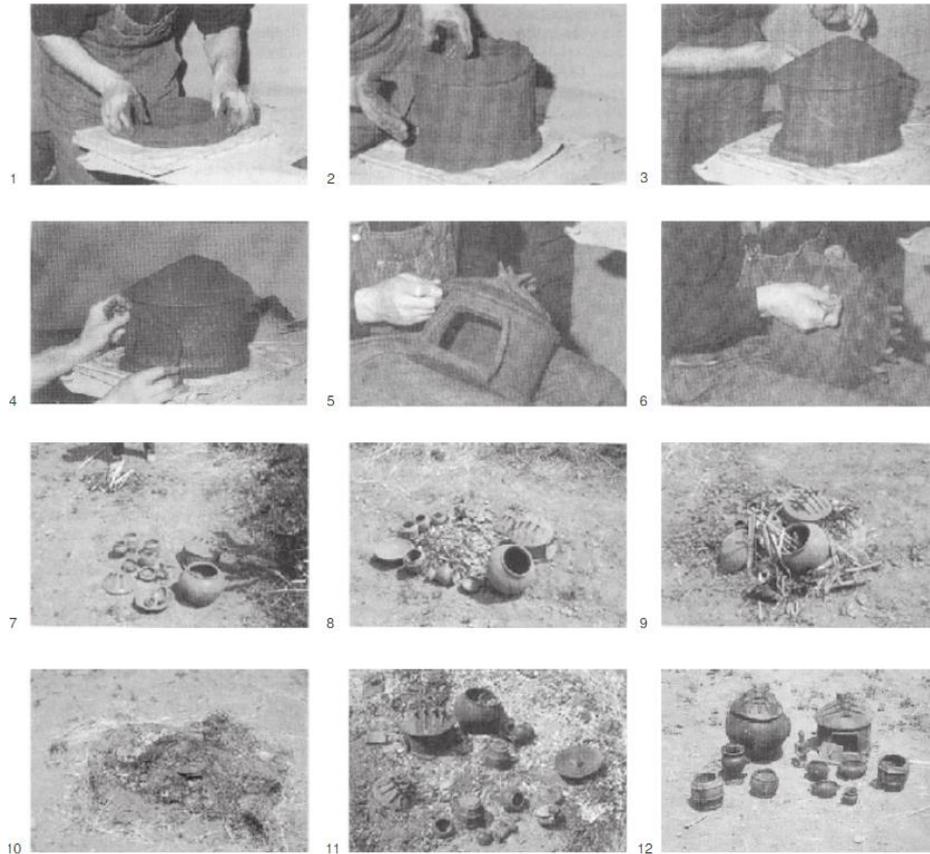


Figure 3: Experimental reproduction of ceramic artefacts found in the Iron Age necropolis of Osteria dell'Osa (Rome). Images taken from Bietti and Pulitani, 1992 (Guidi et al., 2003).

Riccardo Merlo, an architect dedicated to the reconstruction of ancient landscapes, which has carried out more recent work in collaboration with the University of Bologna by implementing one of the oldest reconstructions of a Villanovian hut (Martinelli, 2000). Considered a great example of experimentation and knowledge of Villanovian culture, the structure is currently preserved at the *Giardini Margherita di Bologna*, (Fig. 4.a). It consists in a circular construction, of 4 m diameter and 80 cm depth of the underground floor, made all, walls and roof, with traditional techniques, and probably not very different from those used in prehistory.

Regarding the same topic of huts building, the work conducted by the archaeological group of Scarperia, at the Archaeological Documentation Center of Sant'Anna, must be remarked (Fig. 4.b). This group has made several reconstructions of pre-historic and

protohistoric huts. These structures recall the Palaeolithic ones from Pinvec (France) and from the Gravettian site of Barberino di Mugello.



Figure 4: a) Villanovian hut in Bologna; b) Bronze Age hut at the Archeological Documentation Center of Sant'Agata di Mugello, during its construction in 2004. Photo by Maurizio Martinelli.

The research of M. Barbieri and others (2012) on sword mould replicas, using the same raw material as used in the Bronze Age villages from Modena area. This work allowed to understand that the better accessibility to raw material, together with the easiness of work and quality in details, determined the preference on using certain sandstones for bronze sword molds, resulting in time and effort savings (Barbieri et al., 2015) (Fig. 5).



Figure 5: The manufacturing phases of sword production. Photographs from Barbieri et al. 2015.

Another remarkable work was presented during the eighth conference of experimental archaeology in Oxford (Caruso et al., 2014). This team focused on reproductions of weapons and in this occasion, they presented a study on experimental replicas- making and use- of four bronze axes (Fig. 6). This study originated in the framework of the archaeological project of prehistoric hut rebuilding in Tornambé (Pietraperzia, Enna), and for the implementation it was decided to reproduce the same weather conditions, making use of the archaeological material found, faithfully reproducing the instruments for bronze melting based on the archaeological findings of the site (Caruso et al., 2014).

Lastly, I would like to highlight the work by C. D'Oronzo on the hearths structures -better defined as cooking platforms- found in Bronze Age sites from central and southern Italy. These cooking structures have been identified, especially in the multi-activity open spaces and inside huts (Cazzella and Recchia, 2008). This research allowed to understand the

use and running of these structures through an experimental protocol, based on the contextual analysis of ceramics, stone tools and bio-archaeological remains (fauna and plant remains) showing a wide range of activities, while the archaeometric analysis of the structures revealed the selection of specific types of clay (D'Oronzo, 2015).



Figure 6: Bronze axes manufacture process. Photo from Caruso et al., 2014.

#### **4. THE ARCHAEOLOGICAL PARKS AND THE APPLICATION OF EXPERIMENTAL ARCHAEOLOGY IN DISSEMINATION ACTIVITIES, AND MUSEUMS.**

In the last years, experimental archeology has increased in diffusion considerably, especially in the field of dissemination, thanks to the work carried out by various educational programs of museums and institutions. Recent projects have shown that experimental archeology is not only one of the many methods to research, but it is also seen as a “*cultural entertainment' tool allowing a non-specialist viewer to understand live history and stimulating a new interest in this discipline*” (Ratti, 2004:39).

Initially, this was carried through the historical reconstruction, by several folklore groups trying to reproduce past events or situations, with the aim of enhancing and rediscovering the historical-cultural traditions of a population. During the 90s of the last century, the growing interest in this discipline led to the establishment of the ‘Archaeological Parks’, defined as ‘*a territorial area characterized by important archaeological evidence and the presence of historical, landscape or environmental values, equipped as an outdoor museum*’ (Decreto Legislativo Italiano N. 490 del 29/10/99)<sup>23</sup>.

One of the first approaches was carried out by the Institute of Experimental Archeology linked to the University of Genoa, and by Santo Tinè. The Institute, currently engaged in several projects, ranging from field research to the design and construction of archaeological parks, first introduced the practice of experimentation as part of the functional analysis of the pre-and protohistoric structural remains.

The relationship between the Archaeological Park and experimentation is very often embodied in the demonstration of processes or buildings and contexts reconstruction, as well as in education and training. Among the first ones that have been founded, there is the experience at Darfo-Boario Terme in Valcamonica (the “Archaeodromo” and

---

<sup>23</sup> Testo Unico Disposizioni Legislative in Materia di Beni Culturali e Ambientali G.U.27/12/99 Serie generale n. 302 - Supplemento Ordinario n. 229/L.

“Archaeopark”) that can be classified within the context of thematic-parks. It comes closer to similar experiences in central and northern Europe inspired by the so-called “living history”. Another examples are S.Silvestro and Populonia parks in the Val di Cornia , which are archaeological parks in the true sense of the word, as they are directly linked to the exploitation of important archaeological areas (Guidi et al., 2003).

The following are some of the most important institutions present in the Italian territory:

1.- the archeological park and open-air museum of Terramare di Montale, located at Castelnuovo Rangone (Montale) (Fig. 7). The discovery of a large amount of postholes in the site and their subsequent study and comparison with other Terramare foundations<sup>24</sup>, stimulated the creation of this great park. The reconstruction of several Terramaricole dwellings <sup>25</sup> has been built in a meticulous manner, trying to make them as real as possible. Apart from a structural point of view, the reproduction also includes the original furnishings of the houses and the construction of a section of the fortifications of the Bronze Age village.



*Figure .7: Open-air museum of Terramare di Montale. Photograph by Sabrina Armenio.*

2.- the Archeo Parc Schnalstal/Archeoparc Val Senales, located at Madonna di Senales / Bolzano, near the Oetzi Mummy Site (Fig. 8). The park is an active museum, where it is possible to see the experimental reconstructions of the equipment belonging to the mummy, and it has an outdoor area that includes the archaeo-botanic garden and some models of prehistoric huts. Several activities are carried out there, some didactic laboratories and several crops of tree species recorded 5300 years ago.

---

<sup>24</sup> Another example of this type that can be mentioned is the sloping village on the banks of lake Carera, still visible today in the archaeological area of Fivè.

<sup>25</sup> Typical palafittic huts, developed in northern Italy from the Mesolithic to the end of the Bronze Age.



*Figure 8: Archeo Parc Schnalstal / archeoparc Val Senales. Photograph from Archeoparc Schnalstal (2019).*

3.-the archaeological park of the Neolithic village of Travo (Piacenza). The Neolithic Village of Saint Andrea is an open-air museum. The rectangular perimeter channels of two of the six Neolithic huts recently identified have been consolidated in the archaeological area. On a real scale, some huts are built with materials and replicas of the objects found on the site. The silhouettes of domesticated animals and trees recorded in the Neolithic, contribute to the reconstruction of the ancient natural environment.



*Figure 9: Archaeological Park of Neolithic village of Travo. Photograph from Archeotravo(2018).*

4.-Palaffite di Ledro Museum (Molina di Ledro) (Fig. 10). In the last century, thanks to the work conducted by the Riva del Garda hydroelectric plant, it began to draw water from Lake Ledro, bringing to light more than 10,000 post holes dating back to the Bronze Age. A large pile dwelling village has been found that has been recognized by UNESCO. The museum and the village recreate the atmosphere of the lake-dwelling settlement of Lake Ledro and make visitors relive the life of our ancestors.



Figure 10: Palafitte di Ledro Museum. Photograph from Museo delle Palafitte del Lago di Ledro (2019).

5.-the open-air Museum 'Antiquitates', located at Civitella Cesi Blera (Viterbo) (Fig. 11). A research center devoted to experimental archeology, located in an ancient Etruscan center, does not directly control archaeological structures, but has been included in the 1997 design for the Archaeological and Environmental Park of the province of Viterbo. Within the site, there are reconstructions of the Villanova era. Experimental archeology and archaeological research workshops are carrying out there.

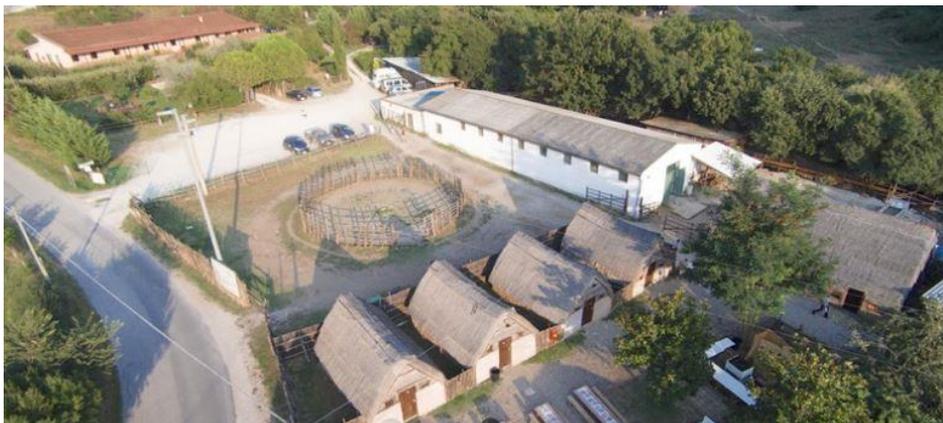


Figure 11: Open-air museum of Antiquitates. Photo from Antiquitates.

6.-Oasi del Baugiano, located in Quaranta (Pistoia) (Fig. 12), in which a Neolithic village was reproduced, is devoted to teaching. This is a multifunctional center, with more than 27 different educational proposals, including five dedicated to prehistory. To take care of the Neolithic farm, the young archaeologists of the Museum of Monte Lupo Fiorentino, who guide the children to remake live there as in the days of prehistory. In fact, inside the Neolithic huts and in the outdoor area of the village, some structures are used: kilns to cook the pottery; the fireplace; the rock paintings made with minerals (thanks to the different oxidation of the iron); terracotta ovens for baking and making bread from the wheat cultured there; looms for weaving rope braids and necklaces, up to the enclosures for animals.



*Figure 12: Oasi del Baugiano, Photograph from Associazione Culturale Archeoidea (2011).*

In addition, in the educational area, we should remember that experimental research in archeology could be stimulated by the needs associated with the activities of valorization by museums. Several examples can be mentioned, such as the Museum of Prehistory of Vaie, founded in 2001 by the collaboration of the city of Vaie with the Center of Experimental Archeology of Torino and the Superintendence. The museum structure, through the exhibition of experimental reproductions, allows an integral reading of many aspects of everyday life in prehistoric times.

Another example may be the Museum of Prehistory "Luigi Donini" of San Lazzaro di Savena (Bologna), which recreates the local landscape<sup>26</sup>, the presence of man and evolution of the material culture of the valley of Savena during the prehistoric periods by means of a museum path. It also includes didactic and experimental activities and cognitive experiences of archeology.

## **5. CONCLUSION**

Over time, archaeologists have become increasingly aware of the importance of experimentation to understand not only the object itself, but also to give us traces of the culture and environment to which it was part.

Italy, linked to a traditional archaeological research method, has always been behind the rest of Europe in the field of archaeological experimentation. Even today, when we talk about experimental archeology, we tend to think of something related to the purely

---

<sup>26</sup> The outcrops of the Gessi Bolognesi, a rock formation typical of the area, have been reproduced inside the museum.

popular and tourist context rather than the scientific sphere. In recent years, however, there has been a growing push in the field of research, both at university level and among individual researchers because the discipline offers specific knowledge which requires, besides a broadmindedness, a good mastery on production processes and materials, unlikely to be obtained with traditional academic courses. Experimental archeology in Italy has among its consequences also that of a limited specific literature, and not always easy to access. For brevity, this work reports some of the most notes in front of experimentation than a few experiences in whole or in large part unpublished.

Nevertheless, the lack of recognition of the figure of the archaeologist by public institutions and the lack of provision of funds does not allow the development of the sector, diminishing the figure of the archaeologist in favor of free volunteering. For this reason, the work of archaeologists in Italy is increasingly difficult because since even today, most of the funding and routes of scientific diffusion derived from this research through museums, archaeological parks, and more, the universities and cultural institutions should increasingly devote resources for the research.

Furthermore, it is very important to remember the hard job done by small associations and archaeological cooperatives scattered throughout Italy, who continuously, with passion and dedication, seek to work in this sector through collaborations with museums, archaeological park and more promoting educational workshops for schools.

Although, problems of Italian archeology remain so many, it is hoped that even in this country there will be more interest among specialists and users of this discipline, as a study of natural and anthropic processes of archaeological interest reproducible in laboratory conditions.

Lastly, a link between research and dissemination has now become a stimulus to seek an effective way of communicating this knowledge and to fill large gaps in research in archaeological evidence.

#### **References:**

ANTIQUITATES: [Webpage] *Antiquitates. Centro di Archeologia Sperimentale* <https://www.antiquitates.it/il-centro/> [Accessed 29/05/2019].

ARCHEOPARC SCHNALSTAL (2019): [Webpage] *ArcheoParc* <https://www.archeoparc.it/it/archeologia-val-senales/> [Accessed 29/05/2019].

ARCHEOTRAVO (2018): [Webpage] *Museo-parco archeologico Villaggio Neolitico di Travo* [www.archeotravo.com](http://www.archeotravo.com) [Accessed 29/05/2019].

ASSOCIAZIONE CULTURALE ARCHEOIDEA (2011): [Post]“Le proposte di archeologia sperimentale in Italia” [Published 22/12/2011]. In *Archeomolise* [Blog] <http://www.archeomolise.it/archeologia/105122-le-proposte-di-archeologia-sperimentale-in-italia.html> [Accessed 29/05/2019].

BAGOLINI B. & SCANAVINI A. (1974): “Ricerche funzionali e tipologiche su un gruppo di grattatoi neolitici”. *Ann. Univo Ferrara* XV,2,5: 217-246, Ferrara.

BARBIERI M., CAVAZZUTI C., PELLEGRINI L. & SCACCHETTI F. (2015): “Experiencing Visible and Invisible Metal Casting Techniques in Bronze Age Italy”. *Experimental Archaeology EXARC Journal*, 2015(3)3: [Online journal]

<https://exarc.net/issue-2015-3/ea/experiencing-visible-and-invisible-metal-casting-techniques-bronze-age-italy> [Accessed 28/05/2019].

BIETTI, A.M., PULITANI G., (1992) “Esperimento di riproduzione della ceramica di impasto”, in Bietti Sestieri A.M. (ed.), *La necropoli laziale di Osteria dell’Osa*, pp. 439-447, Soprintendenza archeologica di Roma, Roma.

BINFORD, L. R. & BINFORD, S. R. (1968): *New Perspectives in Archaeology*, Aldine Press, Chicago.

BLOCKLEY, M. (1999): "Archaeological reconstructions and the community in the UK". In P. G. STONE & P. G. PLANEL (eds.): *The Constructed Past, experimental archaeology, education and the public*, pp. 15-34, London, Routledge.

CARUSO, K., CAVAZZUTI, C., GRILLO, F., PELLEGRINI, L., SCACCHETTI, F. & SPECIALE, C. (2014): “Reproduction and Use of Sicilian Early Bronze Age Axes”. Poster presented *Experimental Archaeology EXARC Journal 2016/3*: [Online journal] <https://exarc.net/issue-2016-3/ea/hut-1-tornambe-pietraperzia-experimental-project-prehistoric-sicily-studies>.

CATTANI, M. (2016): “Experimental Archaeology at the University of Bologna, widening and opening archaeological research”. *Groma, documenting archaeology*, 1:1-11. [Online journal] [http://groma.unibo.it/cattani\\_experimental\\_archaeology\\_at\\_the\\_university\\_of\\_bologna](http://groma.unibo.it/cattani_experimental_archaeology_at_the_university_of_bologna) [Accessed 28/05/2019]

CAZZELLA, A. & RECCHIA, G. (2008): “A fuoco lento: le strutture di combustion nell’abitato dell’età del Bronzo di Coppa Navigata (Manfredonia-FG). In G. FIORENTINO and D. MAGRI (ed.): *Charcoal from the past: cultural and palaeoenvironmental implications*. Proceedings of the Third International Meeting of Anthracology, Cavallino (Lecce). BAR International Series, 1807, Archaeopress, Oxford, pp. 53-61.

CHELIDONIO G. & FARELLO L. (1976): “Ca Palui” in *Bollettino Museo Civico di Storia Naturale di Verona III*, pp.569-575.

CHELIDONIO G., (1982): “Costruzione ed analisi sperimentale di una lampada in pietra tipo Lascau - La Mouthe”, in *Preistoria Alpina*, vol. 18, Trento, 257- 262.

CHILDE, V. G. (1958): *The Prehistory of European Society* (2009 reedition), Spokesman, Nottingham.

COLES, J. M. (1981): *Archeologia Sperimentale* (translation of "archaeology by experiment" 1973), Longanesi & C., Milano.

COMIS, L. (2014): “Re-enactment, living history: rapporti con l’archeologia sperimentale e i Musei Archeologici all’Aperto”. In F. LENZI & S. PARISINI (eds.): *Rivivere e comunicare il passato. Il contributo della rievocazione dell’evo antico al marketing museale e territoriale*, pp. 7-15, PArSJAd, Bologna.

D'ORONZO C. (2015): “Experimental replicas of cooking platforms: hypotheses on making procedures and use”. Poster presented to *Experimental Archaeology EXARC Journal*, 2015(3)3: [Online journal] <https://exarc.net/issue-2015-3/ea/>

GIANNICCHEDDA, E. & MANNONI, T. (2003): “Archeologia sperimentale e archeologia della produzione”. In P. BELLINTANI & L. MOSER (eds.): *Archeologie*

*Sperimentali. Metodologie ed esperienze fra verifica, riproduzione, comunicazione e simulazione*. Atti del Convegno (Comano Terme–Fiavè, 13-15 settembre 2001), pp. 33-39, Provincia autonoma di Trento, Trento.

GIARDINO, C. (2014): “L’archeologia sperimentale e la preistoria: Un contributo alla conoscenza del passato”. *Conimbriga*, 51: 5-33.

GUIDI, A., BELLINTANI, P., CHELIDONIO, G. & LONGO, L. (2003): “Archeologia Sperimentale nell’Archeologia Italiana”. In Temi, metodi ed esperienze della sperimentazione archeologica italiana ed europea-Atti del convegno Archeologie sperimentali. Metodologie ed esperienze fra verifica, produzione, comunicazione e simulazione, Comano terme-Fiavé 13-15 settembre 2003, pp. 77-44.

MARTINELLI, M. (2000): “Le capanne della protostoria dell’Italia centrale”. *Ricerca e Tecnologia*, 2000: 52-60.

MELLIS, M. G. (dir.) (2018): *La Préhistoire et la Protohistoire des îles de Méditerranée Occidentale. Matières premières, circulatio, expérimentation et traditions techniques*. Quaderni del LaPARS, 3. Università di Sassari-LaPARS, Sassari.

MUSEO DELLE PALAFITTE DEL LAGO DI LEDRO (2019): [Webpage] *Museo delle Palafitte del Lago di Ledro* [www.palafitteledro.it](http://www.palafitteledro.it) [Accessed 29/05/2019].

PERETTO, C. (1994): *Le industrie litiche del giacimento Paleolitico di Isernia La Pineta. La tipologia, le tracce di utilizzazione, la sperimentazione*, Cosmo Iannone Editore, Campobasso.

RATTI, E. (2004): *La preistoria e la sua divulgazione attraverso la sperimentazione interattiva*, ArcheoLink, La Spezia.

REYNOLDS, P. J. (1999): “The Nature of Experiment in Archaeology”. In A. F. HARDING (ed.): *Experiment and Design in Archaeology: Archaeological Studies in Honour of John Coles*, pp. 156-162. Oxbow Books, Oxford.

TARANTINI, M. & GALIBERTI, G. (eds.) (2011): *Le miniere di selce del Gargano. VI-III millennio a.C. alle origini della storia mineraria europea*, All’Insegna del Giglio, Firenze.

TINÈ, S. (1999): *Il neolitico nella caverna delle Arene Candide (scavi 1972-1977)*. Collezione di Monografie Preistoriche ed Archeologiche, X, Istituto Internazionale Studi Liguri, Bordighera.

# ELABORACIÓN DE UN ARPÓN MAGDALENIENSE: HUELLAS DE FABRICACIÓN Y USO A TRAVÉS DE LA ARQUEOLOGÍA EXPERIMENTAL<sup>27</sup>

*Manufacture of a Magdalenian harpoon: traces of the process and use through Experimental Archaeology*

Beatriz Ugarte Villalba; **Error! Marcador no definido.**<sup>28</sup>

## Resumen

La finalidad de este trabajo es documentar las marcas presentes en un arpón magdaleniense tras su fabricación a través de la Arqueología Experimental, para poder distinguirlas de las huellas de uso en arpones arqueológicos. Además, pretendemos generar marcas del cordaje del empuñadura en el asta, tal y como se han hallado en arpones como los de El Horno (Ramales de la Victoria, Cantabria).

**Palabras clave:** arpón, Magdaleniense Superior, fabricación, traceología, Arqueología experimental.

## Abstract

The purpose of this paper is documenting the traces found in a Magdalenian harpoon after its manufacture through Experimental Archaeology, in order to differentiate them from the traces of use in archaeological harpoons. In addition, we intend to generate traces of the string in the horn as they have been found in harpoons such as those of El Horno (Ramales de la Victoria, Cantabria).

**Keywords:** harpoon, Upper Magdalenian, manufacture, traceology, Experimental Archaeology.

## 1. INTRODUCCIÓN

Atendiendo a la definición de Javier Baena (1997: 3), la Arqueología Experimental es “ante todo un modelo de contrastación de hipótesis a través de la experimentación que de forma rigurosa admita la validez, para fases de la Prehistoria, de un proceso técnico desarrollado en la actualidad”. De manera que, previo al trabajo en sí, debemos realizarnos algunas preguntas y documentarnos acerca de qué elementos se utilizaban para elaborar determinado útil, en la fase cultural que nos corresponda de la Prehistoria. En nuestro caso, hemos de realizar un arpón de tipo magdaleniense sobre asta de ciervo para cuya fabricación he necesitado estudiar diferentes arpones arqueológicos procedentes de yacimientos situados a lo largo de la cornisa cantábrica, para definir las características que debía tener. La Arqueología Experimental no solo es un procedimiento o una metodología a seguir para obtener un objeto o útil prehistórico, sino que también es la forma a través de la cual podemos acercarnos al comportamiento de nuestros

---

<sup>27</sup> Recibido: 28/11/2018. Aceptado: 03/12/2018. <http://doi.org/10.15366/baexuam2018-19.13.006>

<sup>28</sup> Universidad Autónoma de Madrid. ORCID: 0000-0002-0811-266X. E-mail: beatriz.ugarte@estudiante.uam.es

antepasados, a la manera de tallar, la posibilidades o limitaciones de algunas acciones, etc. Ellos aprovechaban todo tipo de materias presentes en el medio natural que, al ser utilizadas por nosotros y observar que dan resultado, nos asombran por la cantidad de información que tenían y que muchas veces se ignora.

La prof. Carmen Gutiérrez explicó que esta Arqueología Experimental se apoya en un método científico cuyo objetivo es aportar conocimiento. La experiencia también aporta conocimiento, pero sobre todo sirve para formarse (autodidáctico). El método experimental elige y trata las condiciones en que se producen un fenómeno para observar sus consecuencias. La función principal es el contraste de hipótesis mediante el control de variables (Gutiérrez, 2017):

- Variables dependientes: son los fenómenos resultantes de la interacción de las variables independientes.
- Variables independientes: son los elementos que intervienen en la experimentación.

Los diferentes puntos implicados en el experimento y desarrollo del proceso experimental son: definición del marco crono-geográfico, definición del marco material y definición del marco técnico. Con respecto a la documentación debemos recopilar todos los datos posibles, desde los datos arqueológicos (fauna...), etnoarqueológicos, hasta los geoarqueológicos (Gutiérrez, 2017).

En este trabajo opté por llevar a cabo una experimentación intuitiva, es decir, trabajar como se supone que lo hicieron los hombres prehistóricos. El problema era ejecutar un gesto que desconocemos y que se ha reconstruido a partir de las huellas dejadas en materiales arqueológicos que han sufrido todo tipo de procesos al depositarse en los suelos durante miles de años (procesos postdeposicionales). Entonces desde un primer momento el experimentador se presenta ante el proceso experimental con una carga conceptual y metodológica concreta (Gutiérrez, 2017). Se necesita cierto nivel de habilidad mecánica y destreza que es fundamental porque influye en los resultados. Por eso muchas veces repetir los experimentos eleva a un rango mayor los resultados. A veces tenemos algunas alternativas a la experimentación como, por ejemplo, para observar la eficacia, en lugar de elaborar el útil manualmente podemos utilizar tecnología actual acelerando los procesos.

Con respecto a la traceología, es una parte importante del trabajo porque gracias a ella podré enmarcar el objetivo del trabajo observando las estrías generadas en el arpón. La traceología, cuyos padres son Semenov y Keeley, comenzó como un método basado en la experimentación donde la presencia de una serie de huellas características nos permite estudiar el material arqueológico, aunque éste en ocasiones nos remita de nuevo a una experimentación (Gutiérrez, 2017).

## **2. MARCO CRONO-GEOGRÁFICO Y REGISTRO ARQUEOLÓGICO**

El periodo Magdaleniense (18.000-10.000 B.P.) se caracteriza sobre todo por una complejización de la industria ósea, pero con novedades en la industria lítica. Es característica la pervivencia de raspadores o raederas. Además, se tendió a la microlitización, es decir, muchas láminas empleadas en instrumentos con mango. Sobre la industria ósea siguieron apareciendo las azagayas de bisel y aparecieron los arpones

con una o dos hileras de dientes trabajados sobre todo en asta. Destacan sobre todo las expresiones de arte magdalenienses.

“La adición de dientes a las puntas elaboradas sobre materias duras animales fue una innovación de gran calado de estas armas, que supuso un cambio importante en la concepción de la captura de las presas. Ha podido comprobarse experimentalmente (Pokines y Krupa, 1997) que, gracias al diseño de los dientes, las puntas no se desprenden fácilmente de las presas heridas” (Fano, Clemente y Rivero, 2013).

Durante este periodo y a lo largo del Paleolítico Superior en la región cantábrica, la pesca tanto en ríos como en estuarios se convirtió en una importante fuente de alimentación, aunque de manera complementaria a la caza. “La cantidad de restos de pescados correspondientes a capas del MSFC (Magdaleniense Superior Final Cantábrico), sugiere una aceleración del proceso de incremento de pesca” (González, 1989: 174). La aparición y formalización de los arpones es testimonio de ello. El mismo autor apunta que de esta manera no se puede ignorar la aparición de representaciones parietales de peces enmarcadas en conjuntos del estilo IV reciente (salmones en Ekain y Altxerri, dos gallos en Altxerri y posiblemente un lenguado en Ekain). Además, esto concuerda con los restos de salmones y truchas hallados en yacimientos no costeros, y con los restos de reos, doradas, sabias, erlas, platijas, gallos y lenguados en yacimientos costeros.

Dentro del Magdaleniense reciente -época comprendida entre la aparición de los primeros arpones y la generalización del tipo aziliense- encontraríamos dos épocas consecutivas: el Magdaleniense medio y el Magdaleniense superior-final. La aparición de los protoarpones no fue anterior al 14.500-14.000 B.P. El tipo aziliense comenzaría en torno al 10.300 B.P. aproximadamente. El Magdaleniense medio sería el asociado a los protoarpones hasta el 13.500-13.000 B.P. cuando comenzaría el Magdaleniense superior-final. Tampoco se descarta la fabricación sincrónica de arpones y protoarpones (González, 1986). “El Magdaleniense Medio coincidiría con la fase climática VI, mientras que en la

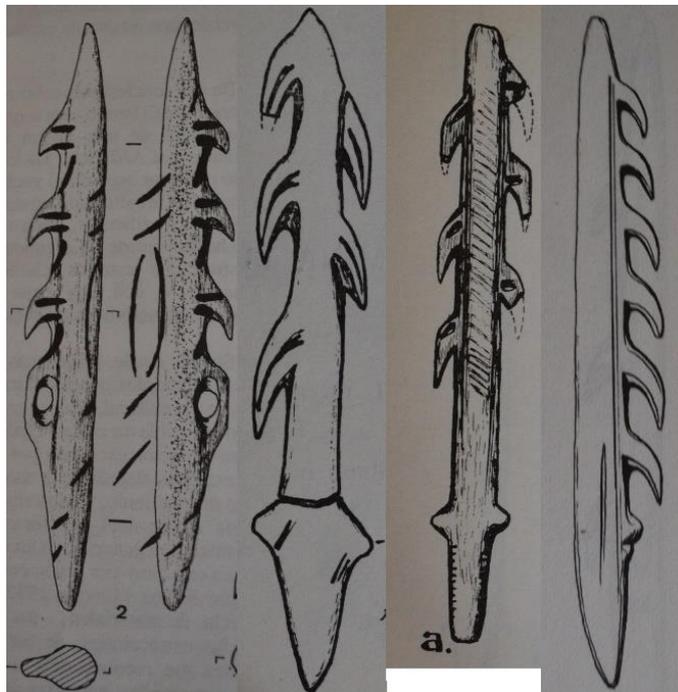


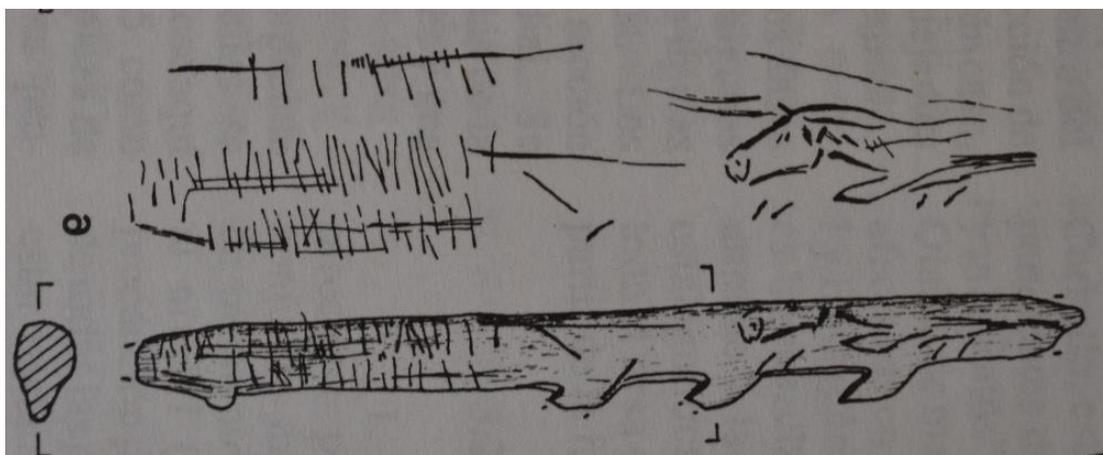
Figura 1. Arpones hallados (de izquierda a derecha) en las cuevas de El Pendo, Santimamiñe, Aitzbitarte IV y La Madeleine (González, 1989; Barandiarán, 1967 y Julien, 1982).

transición a la VII (o Dryas II) aparecerían ya los arpones formalizados” (González, 1986: 873). En este momento es cuando también aumenta la producción de arpones frente a la de varillas, bastones perforados, espátulas o azagayas.

El arpón principal sobre el que me basé para realizar el protagonista de este trabajo es uno procedente de la cueva de El Pendo (Cantabria), aunque observando muchos otros, también pude estudiar ciertas características en otros tres más procedentes de la cueva de Santimamiñe, de la cueva de Aitzbitrte IV y de La Madeleine (Fig. 1).

La cueva de El Pendo está situada en el término de Escobedo (Camargo), al suroeste de Santander. El que primero la documentó científicamente fue Marcelino Sanz de Sautuola en 1878. Su única entrada es de orientación norte y debido a sus grandes dimensiones permite que el sol penetre muy al interior en determinados meses del año (Carvalho, 1960). En este yacimiento, sin lugar a dudas, destaca la industria ósea -incluyendo en ella piezas realizadas en hueso, asta, marfil, dientes y conchas.

Abundan los arpones, algunos de ellos en un muy buen estado de conservación. Carvalho (1960: 53) expone que “dentro de la morfología general cantábrica, los hay muy variados, y algunos de una esbeltez incomparable”. No solamente se elaboran mediante perfectas técnicas, sino que además expresan un importante gusto artístico. La mayoría son de sección cilíndrica y orificio lateral alineado en serie con los anzuelos. Por otro lado, encontramos tanto de hilera única como de hilera doble. En resumen, muestran las características propias del Magdaleniense cantábrico. También algunos de ellos poseen grabados, como el que muestra la cabeza y el cuello de un équido al galope (Fig. 2). Sin embargo, piezas procedentes del mismo nivel parecen cambiar su morfología a una más aplanada que derivaría a los tipos azilienses. El orificio, además, se sitúa en el centro de la sección y carecen de pulimento. Por todo esto, Carvalho los enmarcó dentro de un periodo diferente, aunque fueron hallados en el nivel magdaleniense.



*Figura 2. Dibujo de un arpón magdaleniense de la cueva de El Pendo que presenta un característico grabado de un équido al galope (González, 1989).*

Los arpones del Magdaleniense V ya eran importantes fósiles directores como bien indica Barandiarán (1967). “Suelen tener una sola hilera de dientes (pequeños, muy juntos y numerosos al principio; largos, algo curvados y en menor número, después) y, en ejemplares ya tardíos, comienzan a aparecer los dientes al otro costado” (Barandiarán, 1967: 258).

### 3. MATERIALES EMPLEADOS

Con respecto a las materias primas y materiales empleados para llevar a cabo el presente trabajo, en primer lugar, destaca el asta (Fig. 3). Atendiendo a Barandiarán (1967) es la materia más empleada, posiblemente, en la industria Paleolítica. Las astas son unas formaciones de tejido conjuntivo, duramente calcificadas, que crecen a partir de un pedicelo óseo, en bóvidos, cápridos y cérvidos (son éstos exclusivos de los machos a excepción del reno cuyas hembras también las poseen) cayendo y renovándose todos los años. Las astas de los ciervos, debido a su dureza y resistencia han sido muy utilizadas en la fabricación del utillaje óseo para caza y pesca (azagayas, arpones, alisadores, raspadores, propulsores, bastones de mando, varillas, cinceles, espátulas, etc).



Figura 3. Fragmento de un asta de ciervo seleccionada para extraer de ella el arpón.

El asta está formada por la parte cortical compacta y resistente (tejido muy calcificado) que varía en su grosor (entre 7 y 9 mm en la mayoría de los cérvidos) y otra parte axial de estructura esponjosa. Por lo que los arpones se extraían de varillas de la zona cortical.

En el trabajo de Villaverde y Román (2005) se estudiaron una serie de arpones cuyas descripciones me fueron de gran utilidad para definir las características del arpón experimental a realizar.

- Pieza 1. Fabricado sobre hueso. Una hilera de dientes. Longitud 3,54 cm, anchura 0,53 cm y grosor 0,53 cm. Sección oval. Fragmento. “Los dientes están decorados con una línea incisa, bastante marcada y paralela al eje del diente” (Villaverde y Román, 2005).
- Pieza 2. Fabricado sobre asta de ciervo. Una hilera de dientes. Longitud 2,91 cm. Sección aplanada. No posee decoración. Fragmento.
- Pieza 3. Arpón completo. Fabricado sobre asta de ciervo. Una hilera de dientes. Longitud 7,32 cm, anchura 1,24 cm y grosor 0,54 cm. Sección aplanada. Su punta es convergente convexa y su zona de impacto lineal, mientras que el extremo proximal parece ser redondeado. “La base carece de modificaciones relacionadas con la sujeción” (Villaverde y Román, 2005). El arpón no presenta decoración, aunque sí unas marcas longitudinales en el adelgazamiento de la zona de los dientes, sin duda producidas en el proceso de su elaboración.
- Pieza 4. Fabricado sobre hueso. Una hilera de dientes. Longitud 2,69 cm y anchura 0,75 cm. Sección oval. La zona de impacto es puntiforme.

- Pieza 5. Fabricado en hueso. Una hilera de dientes. Longitud 5,82 cm, anchura 0,83 cm y grosor 0,62 cm. Sección oval, pero punta aplanada.
- Pieza 6. Fabricado en asta de ciervo. Una hilera de dientes. Longitud 2,89 cm, anchura 1,11 cm y grosor 0,55 cm. Fragmento.
- Pieza 7. Arpón completo. Fabricado sobre asta de ciervo. Una hilera de dientes. Longitud 9,73 cm, anchura 1,06 cm y grosor 0,85 cm. Sección cuadrangular excepto en el extremo distal que es oval. “Como elementos de sujeción cuenta con un adelgazamiento en forma de doble bisel” (Villaverde y Román, 2005). Los dientes se separan del fuste.
- Pieza 8. Fabricado sobre asta de ciervo. Una hilera de dientes. Longitud 8,46 cm, anchura 1,03 cm y grosor 0,61 cm. Sección cuadrangular. La base es redondeada sin ningún elemento de sujeción.
- Pieza 9. Fabricado en asta de ciervo. Una hilera de dientes. Longitud 5,32 cm, anchura 0,83 cm y grosor 0,51 cm. Sección circular. Punta de bordes convergentes convexos. Zona de impacto puntiforme.
- Pieza 10. Fabricado en asta de ciervo. Una hilera de dientes. Longitud 1,58 cm, anchura 0,84 cm y grosor 0,43 cm. Sección oval. Fragmento.

En general no superan los 10 cm. La base o módulo de los dientes respecto al fuste es destacada y esa zona es de sección aplanada.

De acuerdo a estos datos y a los arpones previamente señalados, elaboré un boceto (Fig. 4) con medidas: 11,5 cm de largo por 2 cm de ancho para la matriz del asta, a partir de la cual extraer el arpón.

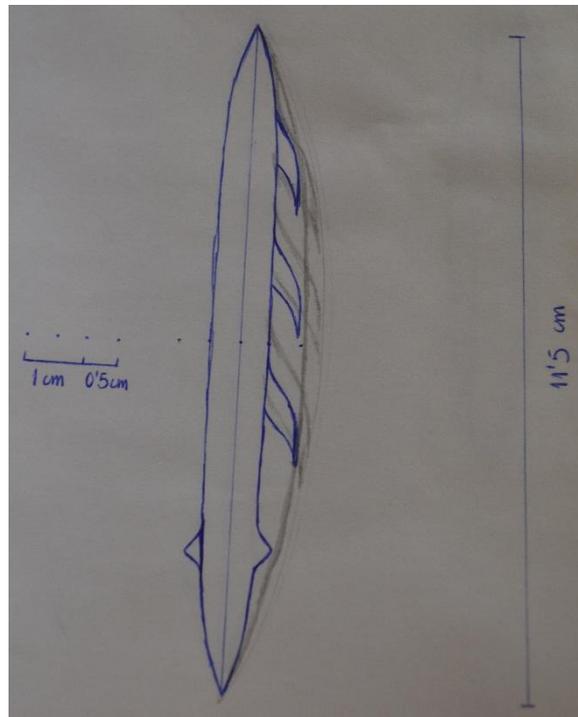


Figura 4. Boceto del arpón a realizar.

Otros materiales que utilicé fueron:

- buriles de sílex (Fig. 5), los más planos posibles para poder incidir en el asta de forma longitudinal.
- Lascas de sílex para la extracción de la matriz.
- Taco de madera de boj para la extracción de la matriz.
- Piedra arenisca para el pulimento del arpón.
- Segueta para acelerar el proceso de la realización de los dientes.
- Percutor de boj para deshacer un tendón de ciervo del que extraer hebras para confeccionar una pequeña cuerda.
- Tendón de ciervo.
- Tripa animal para el enmangado del arpón.
- Vástago cilíndrico de 2 m de madera de pino.



Figura 5. A la derecha: buriles de sílex seleccionados para extraer la matriz del arpón.

Por lo tanto, siguiendo el esquema de cualquier trabajo de Arqueología experimental, establecí las variables dependientes y las independientes manejadas durante el proceso:

- Variables dependientes: Morfología del arpón, materia del arpón (asta), tipo de asta (seca o fresca), tiempo de fabricación, tiempo de uso o número de veces usado, acción (ej: pulido longitudinal o transversal),
- Independientes: marcas de fabricación y huellas de uso (estrías, residuos, pulimento).

#### 4. PROCESO DE FABRICACIÓN Y ENMANGUE

Gracias a un audiovisual del Museo Arqueológico de Asturias en el cual se podía observar brevemente la fabricación de un arpón aziliense, pude extrapolar los datos para la elaboración del arpón que nos ocupa. En primer lugar, dibujé con un lápiz la matriz que quería extraer del arpón con una longitud de 11,5 cm y una anchura de 2 cm. Siguiendo esa línea -y habiendo, previamente, introducido en un recipiente con agua durante 18 horas el asta- realicé un corte longitudinal con los buriles mediante la técnica “Push-Plough” (Fig. 6) que explica Barandiarán (1967), es decir, deslicé el filo del buril repetidamente hasta conseguir la profundidad del surco necesaria (2 cm aproximadamente) (Fig. 7) hasta llegar al tejido esponjoso del asta. Durante todo este

B. Ugarte

*Elaboración de un arpón magdaleniense: huellas de fabricación y uso a través de la arqueología experimental*

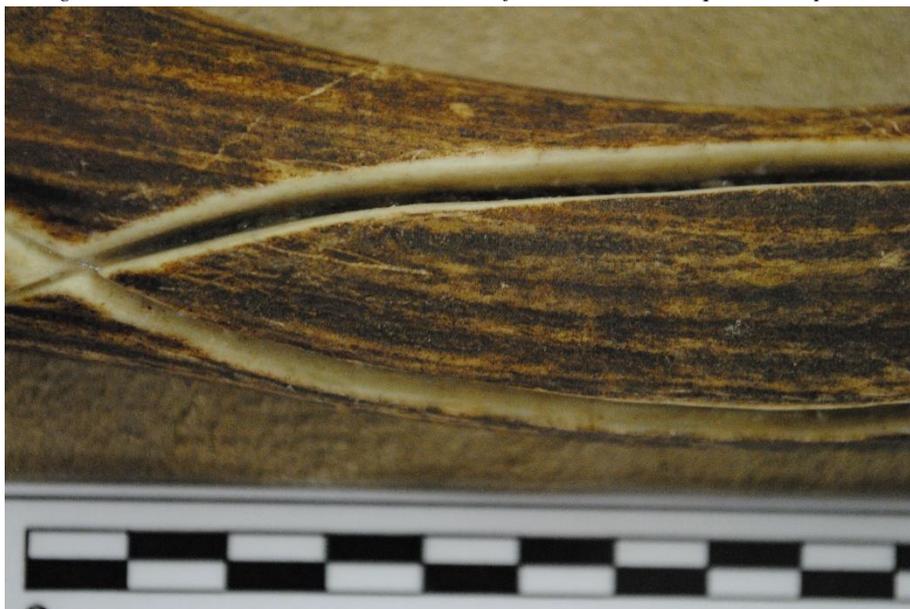
proceso y para el pulimento estuve humedeciendo el asta bajo el grifo para que me fuese más fácil trabajar la materia. La duración de la incisión con los buriles en el asta fue de 7 horas 15 minutos.

Para la extracción planteamos encajar lascas de sílex en ambos surcos (Fig. 8) para aplicarles presión con el golpeo de un percutor, pero lo que generamos fue pequeños fragmentos de lascas que se clavaban en el fondo del surco y nos impedían continuar presionando. Dejado a un lado este procedimiento, el prof. Javier Baena me planteó la opción de realizar un apalancado con un taco de madera de boj (Fig. 9) que al ser golpeado por el percutor varias veces en varios puntos haría saltar la matriz. Lo pusimos en práctica, y así fue como pudimos sin ningún tipo de problema extraer la base sobre la que hacer el arpón (Figs. 10 y 11).

Tras esto, comencé a pulir sobre una piedra arenisca con arena (Fig. 12) y agua ambas caras del arpón para eliminar tanto la parte amarronada de la cortical como el tejido esponjoso de la cara interior. Este proceso me llevó 4 horas y 30 minutos ya que la eliminación del tejido esponjoso fue dificultosa.



*Figura 6. Incisión con buril en el asta de ciervo formando la matriz que extraer para el*



*Figura 7. Surcos realizados antes del apalancamiento para la extracción de la matriz.*



Figura 8. Lascas introducidas en los surcos del asta en el proceso de extracción.



Figura 9. Taco de boj encajado en el surco durante la extracción. A su derecha podemos observar un resto de lasca de sílex que nos impedía apalancar en esa zona.

B. Ugarte

*Elaboración de un arpón magdalenense: huellas de fabricación y uso a través de la arqueología experimental*



*Figura 10. Matriz extraída del asta. Arriba percutor y taco de boj empleados para ello.*



*Figura 11. Matriz del arpón una vez extraída. Izquierda: cara cortical. Derecha: cara esponjosa.*



*Figura 12. Pulimento de la matriz sobre piedra arenisca y arena.*

Una vez que la matriz estaba completamente pulida, me dispuse a recortar los dientes (Fig. 13) -dibujados con lápiz previamente de acuerdo al boceto para servirme de guía- aunque debido al tiempo disponible para finalizar el trabajo, tuve que acelerar el proceso empleando una segueta. Debido a esto, las marcas generadas en la parte interior de los dientes no nos sirvieron ya que fueron hechas con metal. El proceso de recortar los dientes duró 30 minutos.



*Figura 13. Recorte de los dientes con segueta para acelerar el proceso.*



*Figura 14. Recorte del abultamiento basal del arpón con una lasca de sílex.*

Al igual que los dientes -en este caso, opté por realizar un arpón de una sola hilera de tres dientes- se añadían otros accesorios con diferente funcionalidad práctica como los abultamientos basales como tope a la hora de introducir el arpón en el vástago de madera (Barandiarán, 1967). Este autor propone que tanto los dientes como los abultamientos basales fueron definidos y delimitados en el periodo Magdaleniense con un buril de sílex,

B. Ugarte

*Elaboración de un arpón magdalenense: huellas de fabricación y uso a través de la arqueología experimental*

por lo que para el abultamiento basal derecho que había elegido hacer, utilicé buriles y lascas de sílex (Fig. 14), y así podría observar más tarde las marcas generadas.

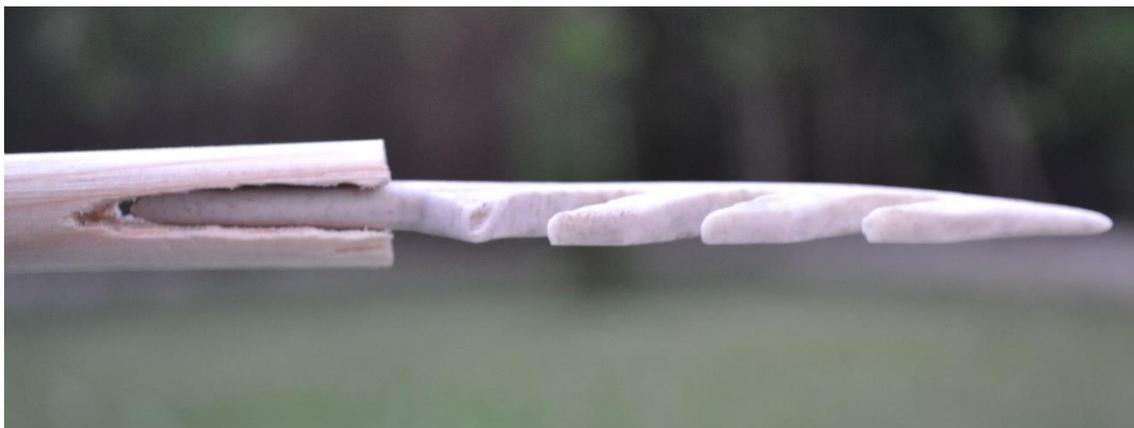
A continuación, volví a pulir tanto el extremo distal como el proximal con el objetivo de conseguir una sección circular puesto que la eliminación completa del tejido esponjoso había provocado que la sección fuese cuadrangular y aplanada. Con ambos extremos pulidos hasta alcanzar una morfología más circular (Fig. 15), comencé con el enmangado al vástago de madera con tripa animal y cuerda de tendón de ciervo.



*Figura 15. Arpón finalizado.*

Previamente al enmangado realicé las observaciones oportunas al microscopio (Motic) - que comentaré en el siguiente apartado- para no perder las marcas de la elaboración por solapamiento de las del enmangado y uso.

Para el enmangado utilicé un vástago de madera de pino de 2 m de longitud y un grosor de 2 cm, ya que el arpón posee unas medidas finales de 11,5 cm de longitud, 1,5 cm de ancho (incluyendo los dientes) y 0,8 cm de grosor. En uno de los extremos de la varilla de madera realicé una hendidura con la segueta en la que encajar el extremo proximal del arpón hasta el abultamiento basal (Fig. 16). Una vez que la tripa se había descongelado y había estado en remojo unos 3 minutos comencé a estirarla para proceder al enmangado (Figs. 17 y 18). Una vez que lo completé, anudé dos cuerdas hechas con fibras de tendón de ciervo previamente extraídas para asegurar el enmangado.



*Figura 16. Inserción del arpón en el vástago de madera.*



*Figura 17. Enmangado con tripa animal.*



*Figura 18. Enmangue del arpón.*



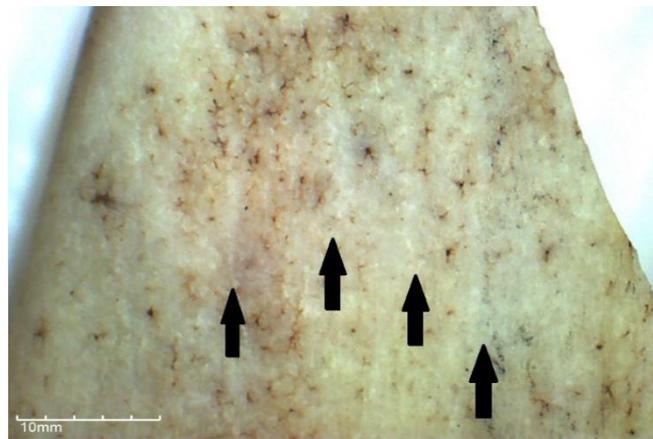
*Figura 19. Enmangue después de 27 horas.*

Después de 27 horas la tripa estaba seca (Fig. 19), adquirió una gran dureza y resistencia y comencé con la experiencia.

## 5. RESULTADOS TRACEOLÓGICOS COMPARADOS Y CONCLUSIONES

Previamente al proceso de enmangado y experiencia del arpón -como ya he dicho-, recogí una serie de fotografías al microscopio en las que se pueden observar estrías de la utilización de lascas de sílex, así como marcas de pulimento en el arpón (Figs. 20, 21 y 22). Estas huellas si no son muy marcadas podrían llegar a borrarse como consecuencia del uso del arpón. Podemos comparar nuestros resultados con los del trabajo de Fano, Clemente y Rivero (2013) (Figs. 23 y 26) a pesar de que nuestro arpón no posee una perforación por la que pasar una cuerda, ya que nuestro modelo es fijo.

González (1986) corrobora la hipótesis de la vinculación del incremento de buriles con el incremento de la industria ósea. Esto parece ser confirmado por el análisis de las huellas de uso, donde efectivamente podemos observar huellas del sílex y otros procesos.



*Figura 20. Marcas longitudinales resultado del trabajo con sílex. Aumentos x4.*



*Figura 21. Marcas longitudinales y transversales resultado del trabajo con sílex. Aumentos x2.*



Figura 22. Brillo característico causado por el pulimento del asta. Aumentos x4.



Figura 23. Marcas longitudinales más acusadas del trabajo sobre el arpón nº 2 de El Horno (Fano, Clemente y Rivero, 2013).

Una vez dejada secar la tripa para asegurar su adherencia al arpón y al vástago, comencé la experimentación. En primer lugar, planteé la posibilidad de clavar repetidamente el arpón en la tierra (abonos, piedras, raíces) y lo realicé un total de 55 veces (Fig. 24). El problema de esta experimentación -y de cualquier otra para conseguir marcas del enmangado en el asta- es que la propia tripa cubre la zona del arpón que tenemos que observar por lo que durante la experiencia no nos es posible saber si está dando resultado o no. Debido a la escasa fuerza que se realiza al clavar el arpón en la tierra, decidí realizar mayor fuerza levantando un peso de 2 kg. En este caso me serví de una botella de 2 l. llena de agua que, atada con una cuerda al arpón, levanté y solté sin dejar caer al suelo sujetando el vástago, de manera que podía simular así el peso de un pez atrapado por el arpón (Fig. 25). Tras repetir esta experiencia 125 veces, creí haber levantado el peso adecuado como para que la tripa dejase alguna huella. Sin embargo, al retirar la tripa y las cuerdas y recuperar el arpón, a simple vista no observé ningún cambio excepto de coloración. Esto indicaría que la propuesta para dejar huellas no fue la apropiada o que el material utilizado para el enmangue en arpones arqueológicos no era tripa, sino cuerda de alguna materia vegetal u animal como el tendón de ciervo. Esto podemos observarlo claramente en la figura 26 del arpón nº 3 de El Horno donde las marcas de cordaje en la perforación son más parecidas a las que dejaría una cuerda que una tripa. En nuestras imágenes de la observación al microscopio para el enmangado solo hemos observado un cambio de coloración (Fig. 27), ningún tipo de fricción ni pulimento, ni tampoco residuos. Esto confirma lo anterior y es que la experimentación con este tipo de enmangue no dio resultados.

B. Ugarte

*Elaboración de un arpón magdalenense: huellas de fabricación y uso a través de la arqueología experimental*



Figura 24. Experimentación para huellas de uso clavando el arpón sobre tierra.



Figura 25. Otro tipo de experimentación con peso.

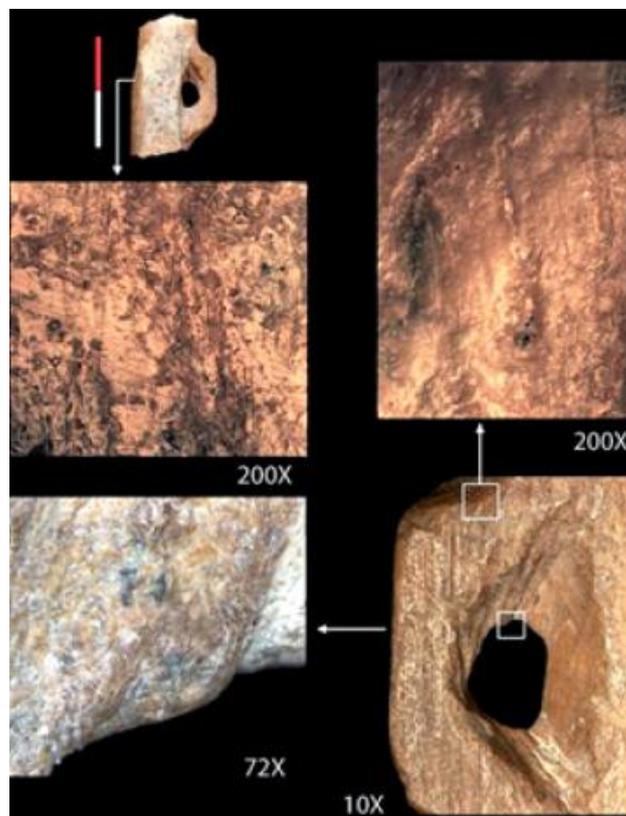
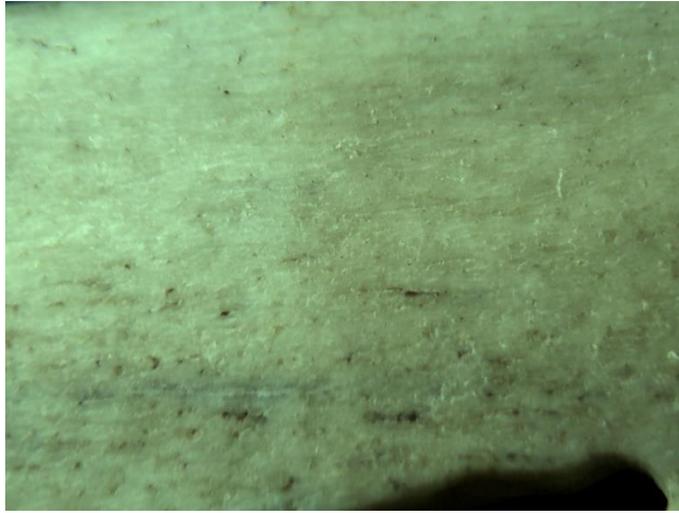


Figura 26. Marcas de la fricción de una cuerda en la perforación del arpón n° 3 de El Horno, así como otras marcas de cordaje (Fano, Clemente y Rivero, 2013).

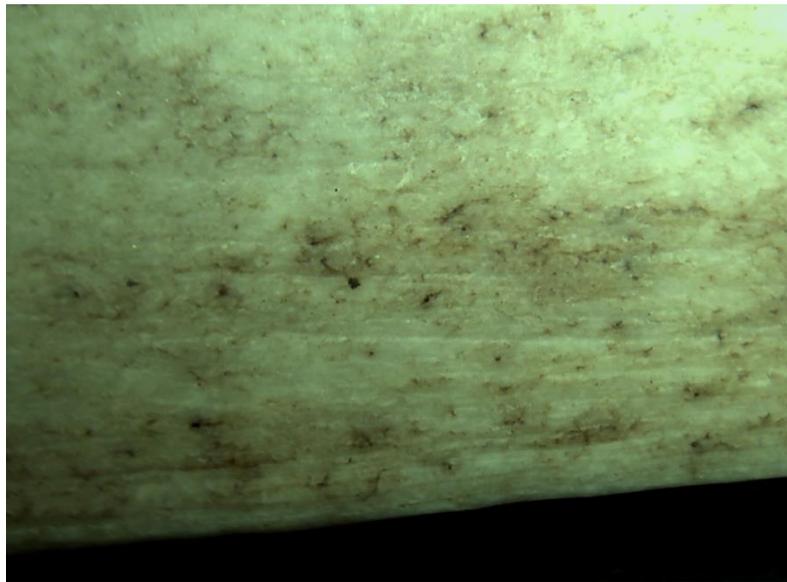
Sí que hemos hallado algunas huellas longitudinales debido al proceso de clavar el arpón en el suelo (Fig. 28), pero no hay rastro de marcas bajo el enmangado.

Hemos de destacar que la morfología del arpón influye en las marcas que quedarían por el uso ya que, al ser un arpón de sección cuadrangular en la zona mesial las huellas no serían iguales en todos los lados, sino que en algunos serían más definidas y en otros menos. Esto no ocurre con arpones de sección circular en los que por ejemplo la fricción de una cuerda atada genera marcas idénticas en todo su contorno.

Además, es importante tener en cuenta la diferencia entre trabajar sobre asta fresca o sobre asta seca. En nuestro caso fue sobre asta seca por lo que el trabajo se ralentizó mucho.



*Figura 27. Cambio de coloración que se aprecia en torno a la mitad de la imagen. La parte derecha era la que estaba sin enmangar y la izquierda la enmangada.*



*Figura 28. Marcas longitudinales generadas por la acción de clavar el arpón en la tierra. Estas marcas producen un solapamiento a las marcas de fabricación que se borran y no quedan como evidencias en arpones arqueológicos en el caso de que fuesen utilizados.*

## **Bibliografía**

BAENA, J. (1997): “Arqueología experimental, algo más que un juego”. *BAEX: Boletín de Arqueología Experimental*, 1: 2-5.

B. Ugarte

*Elaboración de un arpón magdaleniense: huellas de fabricación y uso a través de la arqueología experimental*

BARANDIARÁN, I. (1967): El Paleomesolítico del Pirineo Occidental. Bases para una sistematización tipológica del instrumental óseo paleolítico. Monografías arqueológicas, III, Universidad de Zaragoza, Zaragoza.

CARVALLO, J. (1960): *Investigaciones prehistóricas*. Vol. II, Museo Provincial de Prehistoria, Santander.

DIARIO DE LOS YACIMIENTOS DE LA SIERRA DE ATAPUERCA [Online]: “Perfeccionando la pesca. Elaborando nuestro arpón”. *Arqueología experimental*, 20. <http://www.diariodeatapuerca.net/UnArpon.pdf> [Última consulta 18-3-2017].

FANO, M. A., CLEMENTE, I. y RIVERO, O. (2013): “Apuntes en torno al uso de los arpones magdalenienses: primeras observaciones microscópicas a partir de los materiales de El Horno (Ramales de la Victoria, Cantabria)”. *Trabajos de Prehistoria*, 70 (2): 332-345.

GARCÍA-GELABERT, M. P. (2005): “El trabajo sobre hueso en el Magdaleniense Superior Final del grupo humano de la Cueva del Valle, Rasines, Cantabria. Campañas de los años 1996, 1997, 1998”. *Zephyrus*, 58: 111-134.

GONZÁLEZ, C. (1986): *El Magdaleniense superior-final de la región cantábrica*. Tesis doctoral. Universidad de Cantabria. Santander.

GONZÁLEZ, C. (1989): El Magdaleniense Superior-Final en la región cantábrica, Ed. Tantín, Santander.

GUTIÉRREZ, C. “Arqueología Experimental”. Universidad Autónoma de Madrid. 9-2-2017

JULIEN, M. (1982): *Les harpons magdaléniens*. Supplement à Gallia Préhistoire, XVII. Editions du CNRS, París.

MOURE, J. A. y ORTEGA, M. L. (1981): “Arpones inéditos del Magdaleniense de Cueva Morín (Santander)”. *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología*, 47: 187-199.

MUSEO ARQUEOLÓGICO DE ASTURIAS [Online]: “Fabricación de un arpón aziliense”. Exposición permanente *Los tiempos Prehistóricos* (vídeos). <https://www.museoarqueologicodeasturias.com/educaci%C3%B3n/videos> [Última consulta 18-3-2017].

POKINES, J. T. y KRUPA, M. (1997): “Self-barbed antler spearpoints and evidence of fishing in the Late Upper Paleolithic of Cantabrian Spain”. En H. Knecht (ed.): *Projectile Technology*. Plenum Press. New York y London: 241-262.

VILLALVERDE, V. y ROMÁN, D. (2005): “Los arpones del Magdaleniense superior de la Cova de les Cendres y su valoración en el contexto del Magdaleniense mediterráneo”. *Munibe. Antropología y Arkeología*, 57: 207-225.

# LOS MÉTODOS DE ILUMINACIÓN DURANTE EL PALEOLÍTICO EN LA PENÍNSULA IBÉRICA<sup>29</sup>

## *The Illumination Methods during the Paleolithic period in the Iberian Peninsula*

Lucía Esperanza Doral Chapado; **Error! Marcador no definido.**<sup>30</sup>

### Resumen

El descubrimiento del fuego por los hombres prehistóricos supuso un cambio sustancial en la vida de estos hombres, de sus costumbres y usos diarios como la defensa contra los animales salvajes, los cambios producidos en su alimentación, e incluso una forma de combatir el frío. Además, fue un elemento indispensable para poder combatir la oscuridad dentro de las cuevas y grutas donde se refugiaron. A pesar de ello, no son muchos los historiadores que han profundizado en el estudio de la iluminación y su relación con el arte rupestre; cabe mencionar entre otros a María Ángeles Medina; Araceli Cristo; Antonio Romero, José Luis Sanchidrián o Sophie A. de Beaune.

La aparición de las lámparas hace 40.000 años posiblemente favoreció la aparición del “arte” en cuevas y grutas, pinturas, adornos personales, armas más complejas, etc. Por eso es imprescindible conocer qué tipo de combustible y de mecha era el más idóneo para la fabricación de estas lámparas.

En el presente trabajo se ha estudiado la eficacia (duración e iluminación) de tres tipos de combustibles disponibles en aquella época: cera de abeja, sebo y tuétano, con la misma mecha y el mismo soporte-

Nuestros resultados indican que el combustible más idóneo en las condiciones del experimento sería el tuétano.

**Palabras clave:** Paleolítico Superior, lámparas, combustible, mecha.

### Abstract

The discovery of fire brought with it a considerable change in the lives of those men across several aspects in their customs and daily uses such as defense against wild animal, changes in their diet and even way to fight the cold. Nevertheless, without doubt, it was an essential element to combat the darkness inside the caves and grottos where they took refuge. However, there are not many historians who have given importance to the study of lighting and its relationship with cave painting. But, it is worth mentioning among others María Ángeles Medina, Araceli Cristo, Antonio Romero, José Luis Sanchidrián o Sophie A de Beaune.

The appearance of lamps 40.000 years ago was parallel to the appearance of art in caves and grottos, paintings, personal ornaments, weapons that are more complex, etc. That why it is essential to know what type of fuel and wick was the most suitable for manufacturing these lamps.

---

<sup>29</sup> Recibido: 22/12/2018. Aceptado: 10/01/2019. <http://doi.org/10.15366/baexuam2018-19.13.007>

<sup>30</sup> Universidad Autónoma de Madrid. ORCID: 0000-0002-7047-2009. E-mail: lucia.doral@estudiante.uam.es

In this work, we have studied the efficiency (length and illumination) of three kinds of fuel: bee wax, tallow and marrow, with the same wick and bracket.

Our results show that the ideal fuel in the conditions of the experiment is marrow.

**Keywords:** Upper Paleolithic, lamps, fuel, wick

## 1. INTRODUCCIÓN

Con este trabajo pretendemos dar un poco de luz a un hecho fundamental que ha pasado inadvertido para muchos historiadores, como fue el descubrimiento del fuego por los hombres prehistóricos. Este gran descubrimiento permitió a estos hombres un cambio sustancial en sus vidas, abarcando varias facetas en sus costumbres y usos diarios como la defensa contra los animales salvajes, los cambios producidos en su alimentación, e incluso una forma de combatir el frío. Pero sin duda fue un elemento indispensable para poder combatir la oscuridad dentro de las cuevas y grutas donde se refugiaron. A pesar de ello, no son muchos los historiadores que han profundizado en el estudio de la iluminación y su relación con el arte rupestre; cabe mencionar entre otros a María Ángeles Medina; Araceli Cristo; Antonio Romero, José Luis Sanchidrián o Sophie A. de Beaune.

La aparición de las lámparas hace aproximadamente 40.000 años fue paralela a uno de los cambios culturales más importantes que se produjeron en la historia, la aparición del “arte”, pinturas, adornos personales, armas más complejas, etc. Es plausible pensar que la utilización de las lámparas favoreció el desarrollo del arte murario en las cuevas y grutas, ya que éstas aportaban luz en las profundidades de estos lugares. Por eso es imprescindible conocer qué tipo de combustible y de mecha era el más idóneo para la fabricación de estas lámparas.

Hay indicios del uso del tuétano como combustible, ya en el Paleolítico Superior para realizar las pinturas, pero se han hallado restos en Atapuerca que pueden datar del Paleolítico Medio o Inferior (Diario de los yacimientos de Atapuerca). Además, este combustible se transforma en una especie de aceite que no emite humo, convirtiéndose en un elemento imprescindible para asegurar el resultado de estos artistas rupestres. Dichas lámparas entraron a formar parte de los útiles comunes en la vida de estos hombres y mujeres prehistóricos.

Los estudios realizados en la cueva malagueña de Ardales por Pedro Cantalejo y María del Mar Espejo desvelan el uso frecuente de cera de abeja como combustible, que aporta una luz más duradera y clara, que la de grasa de animal (Caso, 2011).

Siguiendo los estudios de Sophie A. Beaune (1987:109) podemos destacar otros tipos de combustible utilizados para hacer lámparas en la prehistoria, entre ellos; minerales (carbón, lignitos y petróleo); vegetales (árboles, arbustos, algas, turbas, raíces, resina y aceites de frutas).

Aunque es un misterio aún sin resolver lo que llevó a los hombres de la prehistoria a fabricar antorchas y lámparas con un hueso de un animal y una mecha, hoy sabemos por qué funcionó: la grasa del tuétano se funde con el calor y sube por la mecha por capilaridad. Parte de esa grasa que asciende se transforma en gas, y este arde en el extremo de la mecha, haciendo que la llama perdure durante un tiempo. Para determinar la mecha que se utilizaba, se han analizado los residuos de las lámparas y se han encontrado restos de coníferas, enebro, hierbas o líquen y musgo.

Estos útiles nos han llegado en forma de materiales arqueológicos, que nos acercan a un conocimiento mayor, y nos ayudan a comprender mejor algunos de los aspectos más complejos de la espiritualidad e imaginario de este periodo. Este invento supuso un acicate en la búsqueda sobre todo de lugares adecuados para la realización de sus pinturas parietales. No podemos olvidar que la mayoría de los descubrimientos de los paneles más impresionantes se ubican en la profundidad de las cavidades, en galerías y espacios sumidos en la total oscuridad y donde sería necesaria por tanto la luz artificial.

Los estudios realizados a este respecto distinguen entre tres estilos de iluminación en cuevas: lámparas de piedra, antorchas y *foyers*. Las lámparas de grasa animal pueden a su vez ser de circuito abierto o cerrado (Fig. 1). Las primeras están constituidas por superficies planas o leves concavidades, que no recogen todo el combustible en el soporte, sino que lo dejan fluir fuera del recipiente. Por el contrario, las segundas pueden o no tener un mango, pero su característica principal es una especie de cazuela, bien natural o trabajada (de Beaune, 2000)

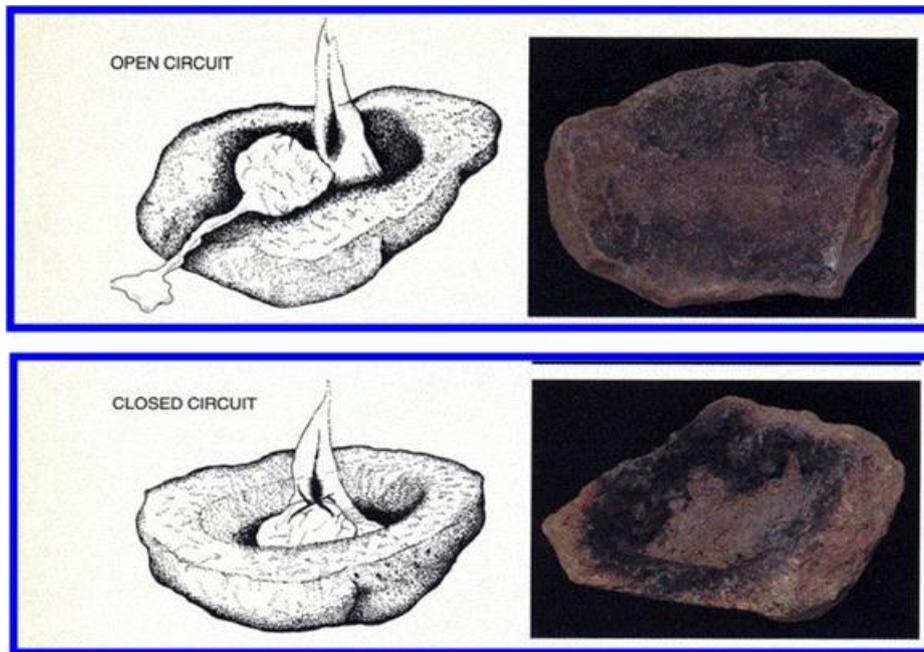


Figura 1. Lámparas de grasa animal.

Las que se han encontrado en la cueva de Llonin (Asturias) son de circuito cerrado sobre arenisca roja y son puntos de luz móviles (Fig. 2).

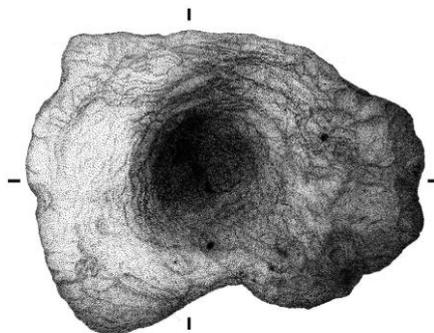


Figura 2. Lámpara de Llonin. Imagen obtenida de De la Rasilla et al., 2010.

Con relación a las antorchas, presentan la ventaja de dar más luz e iluminar en todas las direcciones y además iluminaban el suelo evitando que sufriesen accidentes al estar en lugares irregulares. Pero presentaban el inconveniente de durar menos tiempo y limitaba la movilidad del porteador.

“Los *foyers* son combustiones para iluminar y alimentar las lámparas y antorchas utilizadas durante el tránsito por la cavidad; se diferencian de los hogares en los restos que contiene en el interior, en su exclusiva utilización de alumbrado y, por lo general, se encuentran en lugares más profundos de la cavidad y sus restos se hallan más dispersos” (Medina et al., 2012:107).

El mayor número de lámparas se han encontrado en cuevas del norte peninsular: Llonin; El Pendo; Tito Bustillo; Covarón, etc. (de la Rasilla et al., 2010) coincidiendo con las zonas donde hay una mayor concentración de cuevas con pinturas rupestres. En cuanto al sur de la península, se han hallado lámparas en cuevas malagueñas, como por ejemplo, en Cueva de Ardales (Cantalejo et al., 2014), la Cueva de la Pileta (Cortés et al., 2016) y en cuevas granadinas como la Cueva del Malmamuerzo.

El objetivo del experimento que se propone hacer dentro del campo de la Arqueología Experimental es fabricar, de forma artesanal e imitando la técnica del Paleolítico, una lámpara de piedra con una convexidad para albergar el combustible y determinar qué tipo es el que proporciona una mayor intensidad de luz y cuál permite un tiempo mayor de uso, a tenor de los estudios previos sobre este tema expuestos en el inicio del trabajo. Hay que tener en cuenta que el tamaño de la lámpara fabricada es de una capacidad menor, en comparación con las que nos encontramos en los yacimientos.

- Las variables fijas son el soporte, la cantidad de combustible y el tamaño de la mecha.
- Las variables independientes son: la grasa de tuétano de un hueso de animal, el sebo de un animal y la cera virgen de abeja.
- Las variables dependientes son la intensidad de la luz y su tiempo de duración.
- La observación se hará a través de un luxómetro HANNA modelo HI 97500 del Laboratorio de Prehistoria y Arqueología de la Universidad Autónoma de Madrid (Fig. 3), al igual que la báscula de precisión que se utilizó para pesar los distintos combustibles.



Figura 3. Luxómetros utilizados en el trabajo

Experimento 1

Cera de abeja y mecha de estopa.

Experimento 2

Tuétano y mecha de estopa

Experimento 3

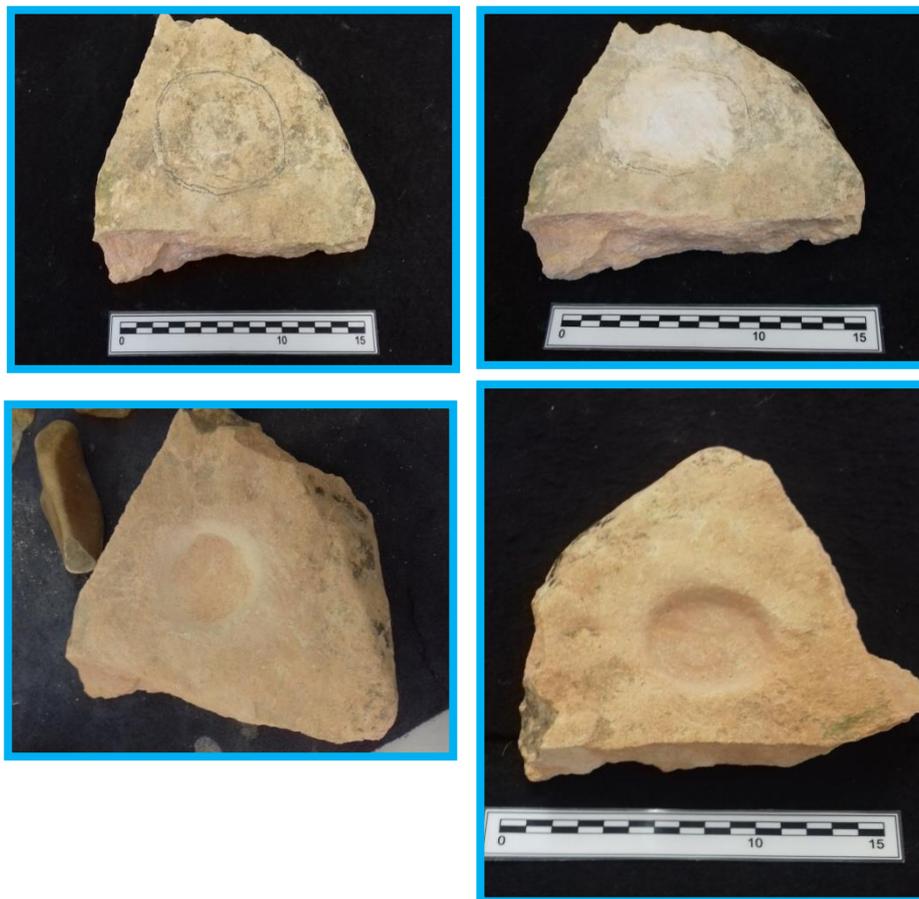
Sebo de animal y mecha de estopa

## 2. PROCEDIMIENTO

Lo primero es proceder a la fabricación de la lámpara. Para ello se utiliza una piedra de arenisca del noroeste peninsular. Tras marcar con un lápiz el diámetro que necesitamos para depositar dentro el combustible, se pasa a hacer una concavidad mediante la técnica de repiqueteado y abrasión. Se utiliza un canto de cuarcita de río para esta última técnica y un percutor o pico de cuarcita procedente de afloramientos de Ciudad Real y otro de sílex del Mioceno de Madrid para la primera (Figs. 4 y 5). El tiempo de ejecución ha sido de 13 horas, en las cuales se han tenido que ir retocando las herramientas para sacar filo y facilitar el trabajo.



*Figura 4. Herramientas empleadas*



*Figura 5. Secuencia de fabricación de la lámpara*

En segundo lugar, se han fabricado las tres mechas (Fig. 6). El material utilizado ha sido estopa, se han trenzado unos 6 cm de ella para cada mecha y se han engrasado con el tuétano.



Figura 6. Mechas

En tercer lugar, procedimos a pesar 24 g de cada combustible (Fig. 7).

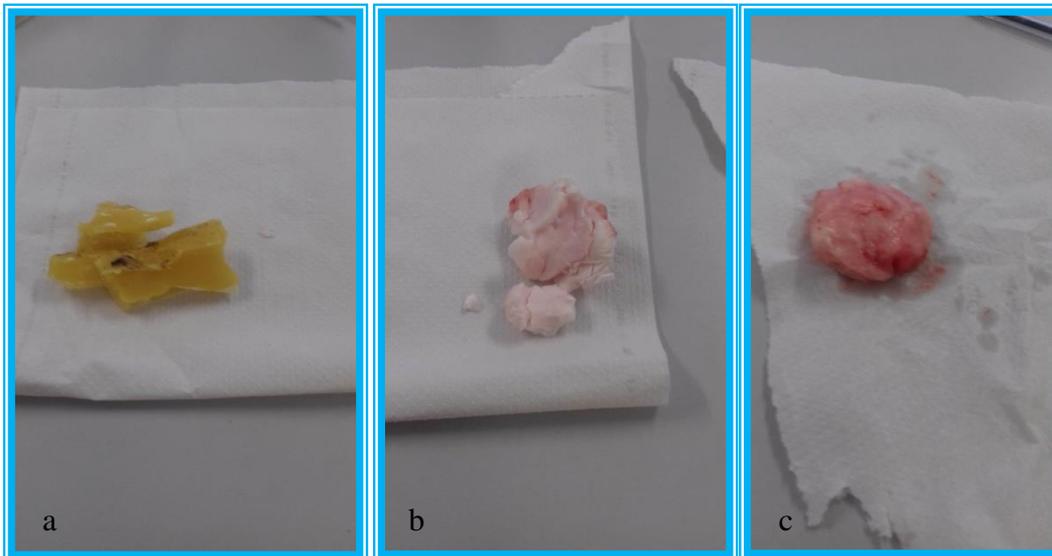


Figura 7: Combustibles: a) cera; b) tuétano; c) sebo

Por último, pasamos a ejecutar la preparación de cada combustible con su mecha. Para la lámpara de cera de abeja primero amasamos con las manos para calentar los 24 g de cera y ablandarla durante una hora, y después introducimos la mecha dejándola sobresalir unos dos centímetros. Para extraer el tuétano del hueso se ha utilizado un elemento afilado en la punta y, tras darle forma, se ha introducido la mecha dejando dos centímetros en la superficie. Para la lámpara de sebo ha sido necesario amasar también unos quince minutos antes de introducir la mecha.

### 2.1. Primer experimento

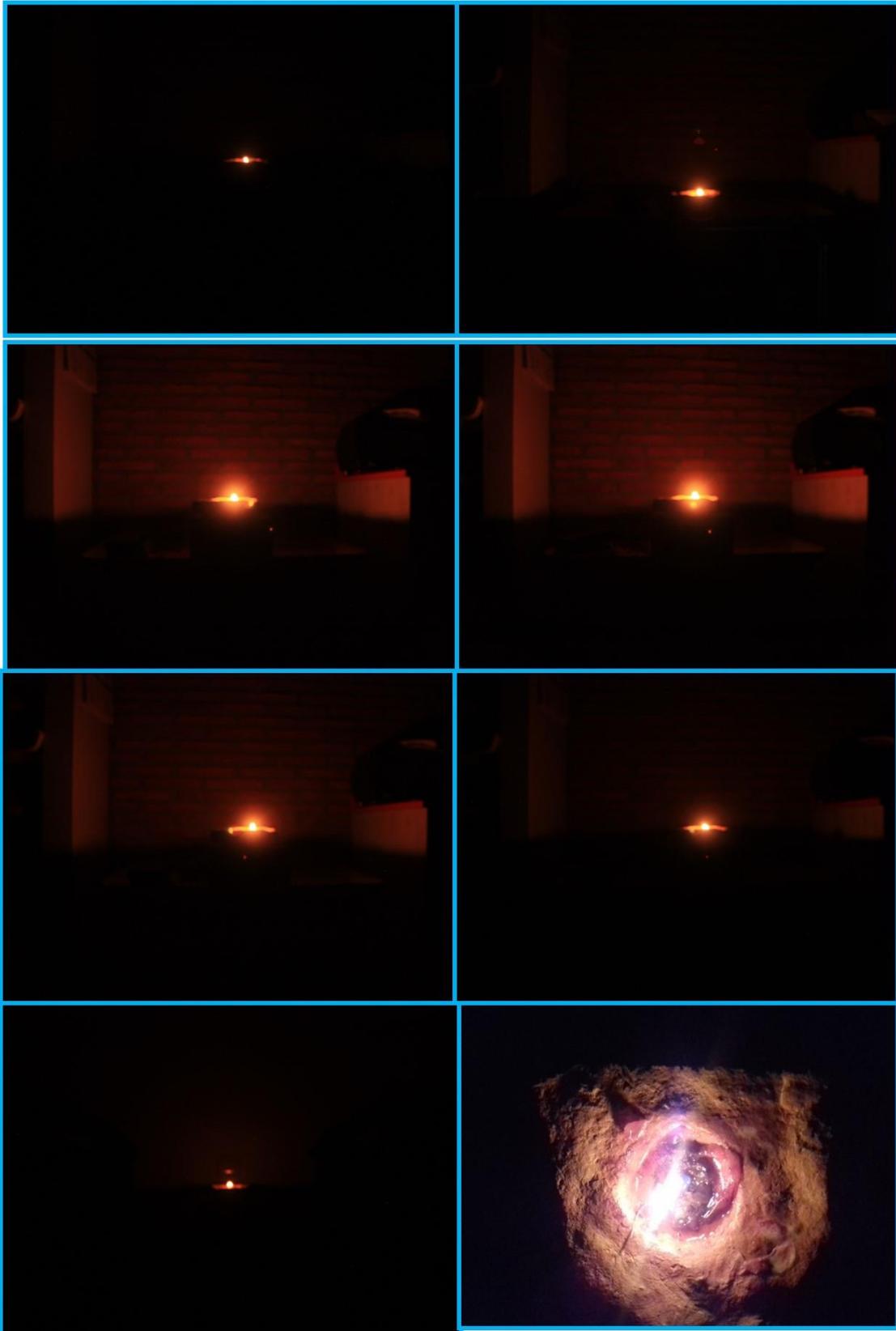
Con la lámpara de cera, en el momento de encender la mecha acercamos el luxómetro al borde de la lámpara y nos da 0,13 lx; volvemos a medir la intensidad lumínica a la media hora y nos da 0,03 lx; pasada una hora desde que se encendió la mecha, la llama es muy pequeña y apenas da luz, y se apaga pasadas dos horas y media desde su inicio, sin consumirse todo el combustible (Fig. 8).



Figura 8. Lámpara de cera. Evolución de la iluminación

## 2.2. Segundo experimento

La lámpara de tuétano al inicio del experimento da 0,12 lx de intensidad lumínica. A la hora del inicio 0,02 lx. A las dos horas da 0,02 lx. A las tres horas 0,03/0,04 lx. A las cuatro horas da 0,10 lx. A las cuatro horas y media da 0,15 lx. A las cinco horas da 0,20/0,23 lx. A las cinco horas y media da 0,13 lx. A las seis horas da 0,10 lx. A las seis horas y diez minutos da 0,02 lx. Y a las seis horas y media se apaga (Figs. 9 y 10).



*Figura 9: Lámpara de tuétano. Evolución de la iluminación*

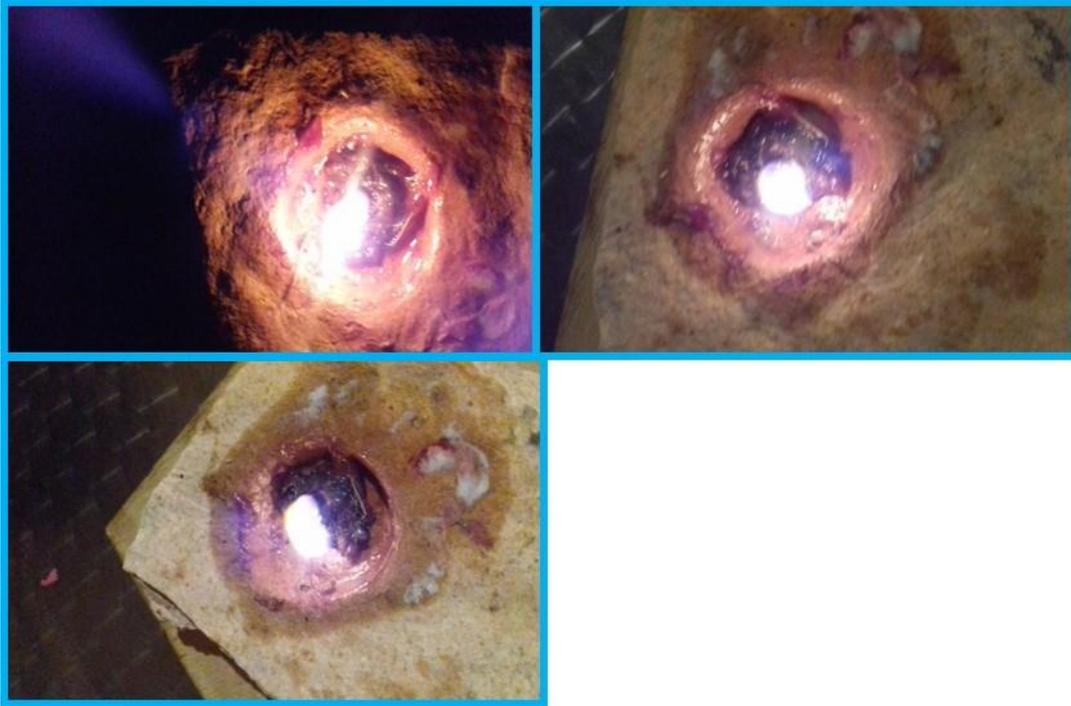


Figura 10: Lámpara de tuétano. Evolución de la iluminación

### 2.3. Tercer experimento

La lámpara de sebo al inicio del experimento da una luz más blanca con 0'15 lx de intensidad lumínica. A la hora hay una llama muy pequeña que mantiene otra media hora hasta que se apaga (Fig. 11).

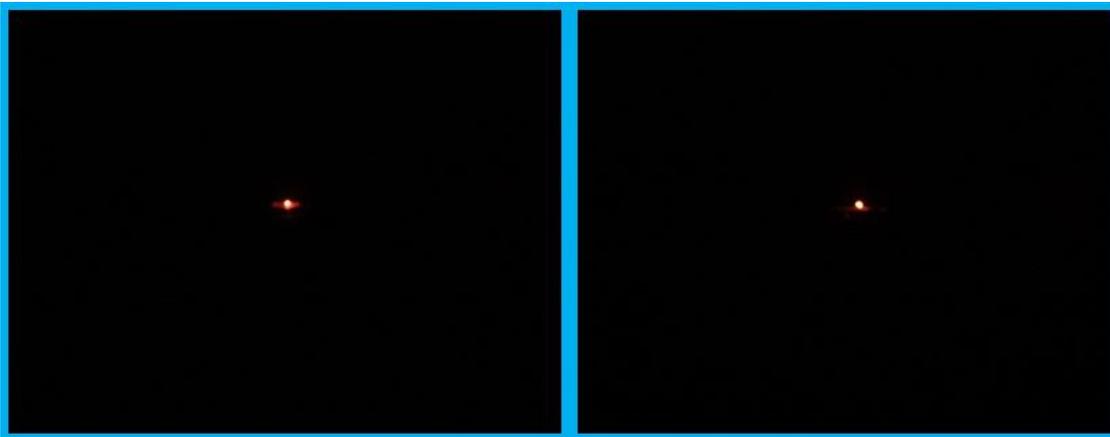


Figura 11. Lámpara de sebo. Evolución de la iluminación

## 3. CONCLUSIONES

Se deduce de esta investigación con respecto a los resultados obtenidos de luminosidad y duración, que el combustible idóneo es el tuétano, seguido de la cera de abeja y del sebo. Es necesario tener en cuenta el tipo de material empleado en la fabricación de la mecha, así como la manera de fabricación. El tuétano, al ser un elemento más graso, genera un aceite que facilita su proceso, llegando a consumir totalmente la cantidad empleada en su proceso.

Ahora bien, además de lo expuesto anteriormente con respecto a la mecha, al no haber realizado el experimento con los otros dos combustibles (la cera y el sebo) en estado líquido, no se puede concluir si los resultados habrían sido diferentes en ese caso.

La eficacia del tuétano como combustible se ha visto favorecida, en un soporte cerrado, por la mecha y su colocación vertical, produciendo unos resultados equilibrados en luminosidad y duración de la llama, que produce una lámpara eficaz.

## Bibliografía

DE BEAUNE, S. A. (2000): “Les techniques d’éclairage paléolithiques: un bilan”. *Paleo*, 12: 19-27.

DE BEAUNE, S. A. (1987): *Lampes et godets au paléolithique*, Éditions du CNRS, Paris.

CASO, G. (2011): “Cueva de Ardales (Málaga): el ‘Homo sapiens’ utilizó cera de abeja para hacer lámparas, según su estudio”. En *Terrae Antiquae* [Blog]: <https://terraeantiquae.com/group/prehistoria/forum/topics/cueva-de-ardales-malaga-el-homo-sapiens-utilizo-cera-de-abeja-par> [Último acceso: 29/05/2019].

CANTALEJO, P., ESPEJO, M. M., RAMOS, J. y WENIGER, G. C. (2014): “Elementos de iluminación”. En RAMOS, J., WENIGER, G. C., CANTALEJO, P. y ESPEJO, M. M. (coords.): Cueva de Ardales (Málaga). Intervenciones arqueológicas 2011-2014. Pp. 119-146. Ed. Pinsapar: Benajoán.

CORTÉS, M., SIMÓN, M. D., MORALES-MUÑIZ, A., LOZANO, M<sup>a</sup>. C., VERA, J. L. y ODRIÓZOLA, C. (2016): “La caverna iluminada: una singular lámpara gravetense arroja luz sobre el arte parietal de la cueva de La Pileta (Benaoján, Málaga)”. *Trabajos de Prehistoria*, 73 (1): 115-127.

DIARIO DE LOS YACIMIENTOS DE LA SIERRA DE ATAPUERCA [Online] “Una lámpara de tuétano”. En DÍEZ, C. (coord.): *Origen. Cuadernos de Atapuerca. Diario de los yacimientos de la sierra de Atapuerca*. Arqueología experimental, 13: 11. [www.diariodeatapuerca.net/Lamparadetuetano.pdf](http://www.diariodeatapuerca.net/Lamparadetuetano.pdf) [Último acceso 29/05/2019].

DE LA RASILLA, M., DUARTE, E., SANTAMARÍA, D., MARTÍNEZ, L., FERNÁNDEZ, J., RODRÍGUEZ, V. y FORTEA, F. (2010): “Licnología paleolítica: las lámparas de las cuevas de Llonín y el Covarón (Asturias)”. *Zephyrus*, LXV: 103-116

MEDINA, M.Á., CRISTO, A., ROMERO, A. y SANCHIDRIÁN, J. L. (2012): “Otro punto de luz. Iluminación estática en los ‘santuarios’ paleolíticos: el ejemplo de la Cueva de Nerja (Málaga, España)”. En CLOTTE, J. (dir.): *L’art pléistocène dans le monde / Pleistocene art of the world / Arte pleistoceno en el mundo, Actes du Congrès IFRAO, Tarascon-sur-Ariège, septembre 2010, Symposium Art pléistocène en Europe*. N° spécial de Préhistoire, Art et Sociétés, Bulletin de la Société Préhistorique Ariège-Pyrénées, LXV-LXVI, 2010-2011, CD: 105-121.

PÉREZ, E., y MUÑOZ DOMÍNGUEZ, D. (2015): *Los combustibles en las lámparas del Paleolítico Superior*. Trabajo de curso inédito. Universidad Autónoma de Madrid. Departamento de Prehistoria y Arqueología



# LA MÍNIMA EMISIÓN DE CO<sub>2</sub> Y EVAPORACIÓN DEL AGUA HACEN QUE LA ARENA SEA UN DESENGRASANTE APTO<sup>31</sup>

*Minimal CO<sub>2</sub> emission and water evaporation make sand an ideal temper*

Amdemicael Beemnet **¡Error! Marcador no definido.**<sup>32</sup>

## Resumen:

Este experimento tuvo el propósito de determinar el mejor desengrasante entre arena, cuarzo y serrín. Para lograr esto, se elaboraron tres cuencos de cerámica con una mezcla de 300 g de arcilla y 10 g de desengrasante. Después de esto, se comprobó su capacidad de absorción utilizando 80 ml de aceite en cada recipiente durante 30 minutos, después de lo cual se midió la cantidad restante de aceite. Este proceso se repitió una segunda vez. Los resultados indican que la arena es el mejor desengrasante, mientras que el serrín es el segundo mejor, dejando el cuarzo en el último lugar.

**Palabras clave:** desengrasantes, arena, cerámica, impermeabilidad

## Abstract:

This experiment set out with the purpose of determining the best temper agent between sand, quartz and sawdust. To achieve this, three ceramic bowls were made with 300 g of clay and 10 g of temper. After this, the absorption capacity of each bowl was checked using 80 ml of oil in each container for 30 minutes, after which the remaining amount of oil was measured. This process was repeated a second time. The results indicate that the sand is the best temper agent, while sawdust is the second, leaving the quartz in the last place.

**Keywords:** temper, sand, pottery, impermeability

## 1. INTRODUCCIÓN

La arqueología intenta estudiar la actividad humana a través de la recuperación y el análisis de la cultura material. Estas culturas materiales conocidas como registros arqueológicos pueden ir desde la arquitectura prehistórica a los biofactos y paisajes culturales. Es un campo muy interesante porque nos permite tener una visión de la cultura prehistórica. Un ejemplo de ello es el estudio de la cerámica prehistórica.

La cerámica es el segundo material creado por los seres humanos, y como es muy común y duradero, es uno de los tipos más comunes de los elementos encontrados por los

---

<sup>31</sup> Recibido 20/01/2018. Aceptado 20/02/2019. <http://doi.org/10.15366/baexuam2018-19.13.008>

<sup>32</sup> Universidad Autónoma de Madrid. ORCID: 0000-0003-3751-6118. E-mail: bamdemicael@middlebury.edu

arqueólogos durante las excavaciones (Violatti, 2014). La arcilla, el ingrediente esencial para hacer cerámica, es un recurso natural altamente disponible y maleable. Debido a su amplia disponibilidad, la cerámica se inventó independientemente en muchas partes del mundo en diferentes épocas, siendo la primera evidencia registrada de uso de arcilla en el período paleolítico en Europa central y occidental, donde las figurillas de arcilla disparadas y sin cocer se crearon como una forma de Expresión artística (Violatti, 2014).

Aunque hay muchas técnicas prehistóricas diferentes de hacer la cerámica, una técnica parece ser una presencia constante a través de diversas épocas y culturas: el uso del desengrasante. El término desengrasante en cerámica se refiere a materiales orgánicos que se añaden a la arcilla. A lo largo de diferentes épocas prehistóricas, diferentes culturas separadas por miles de años aplastaron algún tipo de material orgánico y lo pusieron en su cerámica y esto se puede ver en Dolni Vestonice, República Checa, donde figurillas de arcilla se encontraron mezcladas con mamut machacado hueso (Violatti, 2014). La razón detrás de esto es el hecho de que la arcilla sin el desengrasante encogerá y se agrietará durante el secado o la cocción, mientras que la arcilla con el desengrasante es mucho más resistente y duradera (Beloit college, 2013).

Aunque hay muchos tipos diferentes de desengrasantes, su propósito es todo lo mismo; Para aumentar la resistencia y durabilidad del producto cerámico final a través de la disminución de la porosidad y mejorar la eficiencia térmica (Carter, 2002). Sin embargo, la gran variedad de temperamentos existentes nos lleva a creer que tal vez algunos materiales orgánicos son mejores que otros en hacer esto.

Este experimento es importante debido al hecho de que uno de los muchos usos de la cerámica en los tiempos prehistóricos era comer alimentos. Por lo tanto, el uso de diferentes desengrasantes podría haber afectado el nivel de nutrición recibido por el pueblo, ya que pobres desengrasantes dejarán la cerámica porosa y harán que los lípidos y minerales sean absorbidos en la cerámica mientras que los buenos desengrasantes reducirán la porosidad de la cerámica y Dejar los lípidos y minerales para ser absorbido por los que los comen (Rice, 1996:146).

Este experimento intentará determinar el mejor desengrasante de tres materiales orgánicos; Arena, cuarzo y serrín y lo conseguirá mediante la construcción de tres cuencos idénticos utilizando los diferentes desengrasantes y observando su diferente tasa de absorción de aceite.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. Materias Primas**

- *Arcilla.* La arcilla se define como un material detrítico muy fino que se vuelve plástico o maleable cuando se humedecen. Procede de depósitos sedimentarios que son acumulaciones comparativamente recientes de los productos de la intemperización y desintegración de rocas mucho más viejas "(Rice, 1987:36) En este experimento, se utilizó arcilla proporcionada por el Laboratorio de Arqueología Experimental de la Universidad Autónoma de Madrid (LAEX-UAM) para realizar el experimento (Fig. 1).



Figura 1: 300g de arcilla.

- *Arena.* La arena de grano fino proporcionada por el LAEX-UAM se utilizó para realizar este experimento. Esta arena se añadió a la arcilla para actuar como un desgrasante (Fig. 2).



Figura 2. El desgrasante arena

- *Cuarzo.* El cuarzo es un mineral duro que consiste en sílice, que se encuentra ampliamente en rocas ígneas y metamórficas y típicamente ocurre como incoloro o blanco (Kilikoglou et al., 1998). Para este experimento, se utilizó como desgrasante cuarzo de grano fino proporcionado por el LAEX-UAM (Fig. 3).



Figura 3. El desengrasante cuarzo

- *Serrín.* El serrín se genera en la transformación mecánica de madera en bruto en el proceso de aserrado (Chemani y Chemani, 2013). El serrín se utiliza como desengrasante en su forma original en este experimento, tal y como lo proporciona el LAEX-UAM (Fig. 4).



Figura 4. El desgastante serrín

## 2.2. Procedimientos experimentales.

Este experimento comenzó con el amasado de tres porciones de arcilla, con el fin de que estuvieran libres de aire y funcionales. Cada porción se midió para conseguir una bola de arcilla de exactamente 300 g de peso, medida por una escala precisa (Fig. 1).

Cuando se prepara la mezcla de arcilla, se pesa la cantidad de arcilla y de desengrasante usada con una báscula con margen de error de una décima de gramo. A la arcilla se añadieron 10 g de desengrasante. Esto se hizo debido al hecho de que una amplia cantidad de artículos científicos sugieren utilizar esta proporción de desengrasante y arcilla (Betts, 2000). Estos dos materiales se mezclaron a mano. Después de mezclar los desengrasantes y la arcilla, estaban un poco secos, por lo tanto, la mezcla de arcilla se humedeció hasta el punto de plasticidad usando agua. Después de esto, las mezclas de arcilla con los desengrasantes se amasaron a mano hasta que fueron perfectamente modelables. Luego, se dio forma de cuenco utilizando moldes de plástico que se obtuvieron del LAEX-UAM. Después de presionar la mezcla de arcilla húmeda en los moldes de plástico y darle forma a la forma de cuenco deseada, los tres cuencos se alisaron delicadamente usando un poco de agua y un dedo. Para identificarse, la cerámica mezclada con serrín se marcó con una pequeña "s", la cerámica que incluía cuarzo se marcó con una pequeño "q" y la cerámica con arena se dejó sin marcar. Con el fin de evitar la mezcla de los desengrasantes, los moldes

de plástico se lavaron en un fregadero después de modelar cada cuenco. Después de esto, los tres cuencos se dejaron secar al aire durante 4 días.

Después de que los cuencos se hubieran secado, se cocieron utilizando el horno eléctrico Conatec HC100. El uso de este horno para secar la cerámica fue posible gracias a una curva programada que comienza en 150° Celsius durante 1,5 horas y luego se incrementa hasta los 900° durante 3 horas (Fig. 5). Después de esto, el ascenso de temperatura se detiene durante 20 minutos y se deja enfriar hasta que el horno se abre al día siguiente.



Figura 5. Función que se utilizó para la cocción de la cerámica

Después de la cocción, los cuencos se sacaron del horno al día siguiente y se sometieron al experimento. Se midieron cuidadosamente 80 ml. de aceite y simultáneamente se agregaron a los tres cuencos de cerámica. El aceite se dejó en el cuenco durante 30 minutos y al final de los 30 minutos, la cantidad de aceite restante en cada cuenca se midió usando probetas graduadas. Este proceso se repitió segunda vez para comparar si la primera sesión de absorción afectaría a una segunda.

### 3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos a partir del experimento muestran que el recipiente con arena tuvo la menor absorción, ya que sólo 2 ml de aceite fueron absorbidos por la cerámica. El serrín fue el segundo desgrasante más exitoso, ya que sólo perdió 5 ml de aceite. Finalmente, de los tres desgrasantes utilizados, el menos efectivo resultó ser cuarzo, ya que perdió 8 ml de aceite debido a la absorción (Tabla 1).

<i>Desgrasante</i>	<i>Cantidad de Aceite(ml)</i>	
	<i>Inicial</i>	<i>Después de 30 minutos</i>
<i>Cuarzo</i>	80	73
<i>Serrín</i>	80	75
<i>Arena</i>	80	78

Tabla 1: absorción de aceite por los tres cuencos de cerámica después de 30 minutos.

A. *Beemnet*

La mínima emisión de  $CO_2$  y evaporación del agua hacen que la arena sea un desengrasante apto

En la segunda ronda de pruebas, no hubo cambios observables en la cantidad de aceite absorbido por la cuenca cerámica, ya que los tres desengrasantes retuvieron los 80 ml completos durante 30 minutos y ninguno de ellos fue absorbido (Tabla 2).

<i>Desengrasante</i>	<i>Segunda Ronda</i>	
	<i>Cantidad de Aceite(ml)</i>	
	<i>Inicial</i>	<i>Después de 30 minutos</i>
<i>Cuarzo</i>	80	80
<i>Serrín</i>	80	80
<i>Arena</i>	80	80

Tabla 2: Absorción de aceite por los tres cuencos de cerámica después de 30 minutos como se produjo en la segunda ronda de pruebas.

Estos resultados también fueron confirmados visualmente, ya que la pérdida diferencial de aceite era claramente visible en los tres cuencos. Como se puede ver en la figura 6, la cantidad muy disminuida de aceite, junto con la pared interior saturada de la cerámica muestra que el cuenco con desengrasante de cuarzo absorbió la mayor cantidad de aceite, mientras que el que incluía serrín absorbió una cantidad intermedia. En esta imagen también se observa que la cantidad de aceite absorbido por el cuenco con arena era muy pequeña.

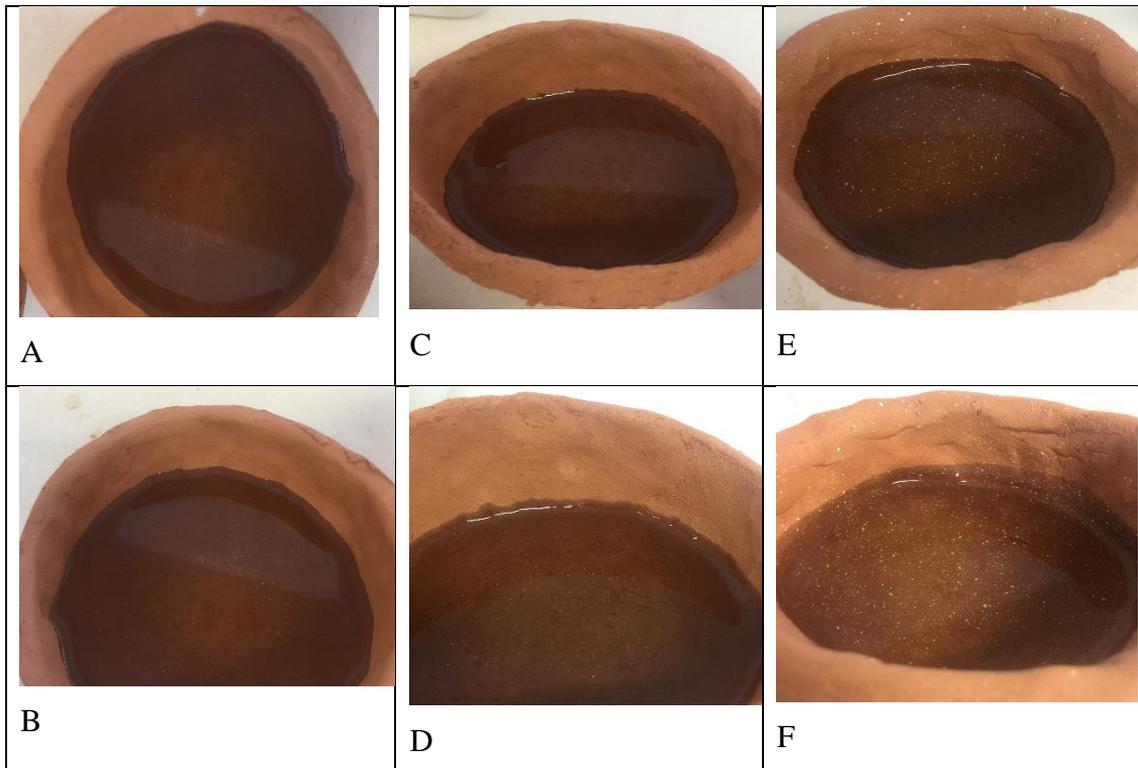


Figura 6: Evidencia visible de la absorción de aceite por la cerámica. A (antes) y B (después) muestran la absorción de aceite por arcilla que tiene arena. C (antes) y D (después) muestran la absorción de aceite por arcilla que tiene serrín. E (antes) y F (después) muestran la absorción de arcilla que tiene cuarzo.

### **3.1. Pros y Contras del Proyecto**

Como cualquier experimento, éste tiene sus fortalezas y debilidades. Para comenzar en una nota positiva, una de las etapas de este experimento es el hecho de que claramente alcanzó exactamente lo que se propuso hacer. Esto fue posible debido a un diseño simple pero eficaz, que trae la segunda fuerza de este experimento; consistencia. El mismo peso exacto de arcilla se mezcló con el mismo peso exacto de los tres desgrasantes y se formó con el mismo molde de plástico exacto. Después de esto, los tres cuencos recibieron los mismos tratamientos térmicos y fueron sometidos a la misma cantidad de aceite por la misma cantidad exacta de tiempo. Esto aseguró que los resultados finales no se debían a otra cosa que la variable independiente; Los diferentes desgrasantes. Finalmente, esta tercera fuerza de los experimentos se puede observar en el hecho de que se tomaron medidas cuidadosas para evitar la mezcla de desgrasantes, ya que después de cada cuenco se completó, el espacio de trabajo fue limpiado a fondo y los moldes se lavaron con agua.

Sin embargo, a pesar de sus fortalezas, este experimento también tuvo sus debilidades. Una de estas debilidades se puede ver en el hecho de que el agua del grifo se utilizó para humedecer la arcilla. Esta agua podría contener hierro y otros elementos, además del cloro, y esto podría afectar en gran medida el cuenco cerámico final (Rice, 1987). Además de comprometer los resultados finales de este experimento, este agua purificada no es un reflejo del agua utilizada en épocas prehistóricas. Por lo tanto, para remediar este problema, el uso del agua del río que está libre de la mayoría de los productos químicos tales como el cloro permitiría que el experimento produzca resultados más precisos (Carter, 2002). Otra debilidad de este experimento es el hecho de que la segunda ronda de pruebas se completó inmediatamente después de la primera ronda. Por lo tanto, esto no le dio al cuenco tiempo suficiente para secar y aumentar su capacidad para absorber más aceite. Para remediar esto, se debe dejar secar el cuenco 24 horas antes de que realizar la segunda ronda. Finalmente, a pesar de la amplia gama de desgrasantes que existían en la Prehistoria y continúan existiendo hoy en día, este experimento utilizó sólo tres desgrasantes. Esto hace que los resultados del experimento sólo se apliquen a una variedad de cerámicas muy limitada. Para solucionar este problema, se puede repetir este experimento con 8 o 10 tipos de desgrasantes.

## **4. RELEVANCIA**

Los resultados de este experimento demuestran claramente que la arena es el mejor de los tres desengrasantes utilizados. Esto se puede explicar a través de la porosidad del cuenco cerámico, causada por la liberación de gases como CO<sub>2</sub> o evaporación de agua durante el tratamiento térmico (Kilikoglou et al., 1998). De los tres desgrasantes utilizados, la arcilla mezclada con arena tiene la menor pérdida de líquido, debido a que la arena absorbe el agua y también hay menos liberación de dióxido de carbono, permitiendo que la porosidad del recipiente sea mínima.

Mientras que la arena se utiliza para minimizar los poros, el serrín por otro lado, se utiliza para crear más poros, como puede verse en el experimento de Chemani. En este experimento, el objetivo de los investigadores es aumentar la porosidad de la arcilla para maximizar la absorción y hacer de la arcilla un buen aislante. Los resultados mostraron que el serrín era el mejor en lograr esto, explicando por qué tenía alta absorción en este experimento (Chemani y Chemani, 2013)

El efecto del cuarzo en la porosidad de la arcilla se puede entender analizando qué sucede cuando la arcilla y el cuarzo reaccionan durante la cocción. Durante el secado, el agua

que rodea a las partículas de arcilla se evapora y las partículas se acercan unas a otras, provocando una contracción que da lugar a tensiones de compresión hidrostáticas sobre las inclusiones de cuarzo (Rice, 1987). Como resultado, una gran cantidad de tensiones se desarrollan a su alrededor en el material. El análisis en un experimento de Kilikoglou y otros, mostró que en los ejemplares que contenían cuarzo, las micro-fisuras eran evidentes en el entorno inmediato a las inclusiones de cuarzo (Kilikoglou et al., 1998). El área dañada es mucho más grande que el radio del grano de cuarzo. Tras la cocción, esta zona dañada se extiende más debido a la pérdida de agua y a una contracción adicional que da como resultado un agrietamiento extensivo.

## Bibliografía

BELOIT COLLEGE (2013): "Pottery-Making Techniques." In *Logan Museum of Anthropology*. [Sitio web] [Publicación: 20/04/2013] [https://www.beloit.edu/logan\\_online/exhibitions/virtual\\_exhibitions/north\\_america/southwest/techniques.php](https://www.beloit.edu/logan_online/exhibitions/virtual_exhibitions/north_america/southwest/techniques.php) [Último acceso: 13/05/2017].

BETTS, C. M. (2000). *Symbolic, cognitive, and technological dimensions of Orr phase Oneota ceramics*. Tesis doctoral. University of Illinois, Urbana-Champaign.

CARTER, M. (2002): "Prehistoric Ceramic Production: Raw Materials and Firing Methods of the La Crosse Locality Oneota", *University of Wisconsin-La Crosse Journal of Undergraduate Research*, 5: 261-280. [Online] [https://www.uwlax.edu/urc/jur-online/PDF/2002/M\\_Carter.pdf](https://www.uwlax.edu/urc/jur-online/PDF/2002/M_Carter.pdf) [Último acceso: 13/05/2017].

CHEMANI, H. Y CHEMANI, B. (2013): "Valorization of wood sawdust in making porous clay brick". *Academic Journals*, 8 (15): 609-614.

KILIKOGLU, V., VEKINIS, G., MANIATIS, Y. y DAY, P. M. (1998): "Mechanical Performance of Quartz-Tempered Ceramics: Part I, Strength and Toughness". *Archaeometry*, 40 (2): 261-79.

RICE, P. M. (1987): *Pottery Analysis: A Sourcebook*, The University of Chicago Press, Chicago.

RICE, P. M. (1996): "Recent ceramic analysis: 1. Function, style, and origins". *Journal of Archaeological Research*, 4 (2): 133-163.

VIOLATTI, C. (2014): "Pottery in Antiquity" [Entrada en wiki] [Última modificación 13/09/2014] En *Ancient History Encyclopedia* [Wiki] <https://www.ancient.eu/pottery/> [Último acceso 30/05/2019].