

# Etnoarqueología como experimentación: propuesta para la interpretación de los patrones de fractura

Jaume García Rosselló<sup>1</sup>, Manuel Calvo Trias<sup>1</sup>



Recibido: 07/10/2019

Aceptado: 07/11/2019

## Resumen

En este artículo proponemos una discusión sobre la construcción de modelos de análisis metodológico de la cerámica centrados en el establecimiento de colecciones de referencia. A modo de ejemplo, exponemos nuestra propuesta para estudiar el modelado a partir del análisis de los patrones de fractura. Para ello, hemos establecido una estrategia experimental sobre cerámicas etnográficas y reproducciones fabricadas con diferentes técnicas. De este modo, hemos evaluado la fiabilidad de nuestra propuesta metodológica para el estudio de cerámicas arqueológicas y hemos construido un marco referencial que da mayor solidez a nuestras interpretaciones.

**Palabras clave:** modelado; traceología; arqueología experimental; etnografía

**Abstract.** *Etnoarchaeology as experimentation: a proposal for the interpretation of fracture patterns*

This article discusses the generation of methodological models for ceramic analysis focused on the creation of reference collections. It is exemplified with our studies of pottery-making based on the identification of fracture patterns. Hence, we developed an experimental strategy using ethnographic pottery and reproductions built with different techniques. In this way it was possible to test the reliability of our methodological strategy to study archaeological pottery and establish a referential framework which further supports our interpretations.

**Keywords:** pottery-making; traceology; experimental archaeology; ethnography

GARCÍA ROSSELLÓ, Jaume; CALVO TRIAS, Manuel. «Etnoarqueología como experimentación: propuesta para la interpretación de los patrones de fractura». *Treballs d'Arqueologia*, 2019, núm. 23, p. 181-202. DOI: 10.5565/rev/tda.108

## 1. Introducción

Los diferentes métodos existentes para identificar los sistemas de modelado en

cerámicas arqueológicas, si bien cada vez están más en boga, constituyen todavía un ámbito de la investigación poco desarrollado dentro de los estudios de tecno-

1. Universitat de les Illes Balears. [jaume.garcia@uib.es](mailto:jaume.garcia@uib.es); [manuel.calvo@uib.es](mailto:manuel.calvo@uib.es)

logía cerámica. Pocos son los trabajos que se han ocupado de ello, y, hasta hace una década, con frecuencia las interpretaciones carecían de base empírica. Esto era debido a la falta de métodos de inferencia precisos que permitieran correlacionar las marcas observadas en las cerámicas con procesos y operaciones de modelado específicas. Mientras que el análisis de las pastas cerámicas lleva ya tiempo contando con un método de trabajo elaborado y generalizado, no ocurre lo mismo con el análisis de los sistemas de modelado a partir de las trazas de manufactura observadas, tal y como se puede leer en diferentes trabajos publicados en este monográfico. Las razones de esta situación son numerosas y no es este el momento de exponerlas. Como venimos planteando desde hace unos años, si queremos empezar a contar con un método de trabajo unificado y válido, que se aproxime tanto como sea posible a la realidad del modelado, es necesario comenzar a trabajar en protocolos que nos permitan mejorar y clarificar los métodos de inferencia mediante los cuales podemos asimilar determinadas marcas de manufactura a operaciones técnicas concretas.

En este mismo monográfico hemos expuesto el papel que han tenido las colecciones de referencia para el desarrollo de un método que permitiese reconocer los modos en que se fabricaron las cerámicas arqueológicas.

Desde el año 2004 venimos trabajando en un método de identificación arqueológica del modelado a partir del análisis traceológico (García Rosselló y Calvo, 2013, y en este mismo volumen). Esta propuesta, si bien continua con la línea de trabajo desarrollada en contextos francófonos (Livingstone, 2007; Roux, 2016), pretende mejorar los protocolos

existentes mediante una mejor descripción de las variables que definen la morfología de una traza, a la vez que pone el énfasis en analizar los procesos de formación de esta.

Esto solo nos parece posible a partir de ensayos de contrastación experimental y a partir del desarrollo de colecciones de referencia.

## 2. El uso de protocolos experimentales para el estudio del modelado

Muchos de los análisis tecnológicos, como sucede en el caso que nos ocupa, requieren la contrastación de hipótesis que necesitan ser evaluadas por medio de diferentes niveles de inferencia, de tal forma que permitan una mejor comprensión de los procesos que han sufrido las cerámicas. En algunos casos, sobre todo para estudios sobre el comportamiento de materiales arqueológicos, la etnografía y la experimentación son utilizadas para solucionar problemas destinados a evaluar la metodología usada, principalmente en el estudio del comportamiento físico-químico de la arcilla, lo que permite inferir conductas sobre su manipulación durante el pasado. Desde esta perspectiva de la materialidad tecnológica, la información experimental y la etnográfica se convierten en una fuente de primera mano donde las precauciones teórico-metodológicas sobre su uso como fuente de información para la arqueología se minimizan enormemente.

El programa experimental es un aspecto básico para la identificación de huellas de fabricación y su posterior extrapolación, por analogía, a colecciones arqueológicas y, por tanto, permite evaluar el proceso de inferencia tecnológica,

así como de formación de las trazas. Se consigue reproducir las acciones técnicas que supuestamente han provocado la aparición de una marca en la vasija. Sin embargo, uno de los aspectos más problemáticos de la experimentación es la falta de habilidad técnica de los experimentadores, que siempre estará por debajo de la habilidad de alfareros y alfareras que llevan años de aprendizaje y trabajo. Por ello, la falta de experiencia de los arqueólogos puede sobredimensionar determinadas marcas en la vasija y distorsionar la verdadera dinámica de formación de las trazas y su visibilidad. La inexperiencia hace que la eficacia de las acciones realizadas se reduzca enormemente al desconocer algunas de las posibles soluciones técnicas del tipo de actividad que se realiza. No obstante, esto también permite visualizar algunas macrotrazas que, debido a la experiencia de la mayoría de las alfareras, no podrían ser observadas.

Toda experimentación puede ser replicativa o controlada (Calvo, 2002). La experimentación replicativa se realiza con el objetivo de saber si la inferencia tecnológica que aplicamos en base a la identificación de trazas es correcta. Para ello, reproducimos las acciones técnicas que creemos que dejan determinadas marcas. Este tipo de investigaciones son las que han tenido un mayor desarrollo, a pesar de que solo permiten reproducir las formas cerámicas sin poder contrastar nuestras hipótesis de forma detallada. Destacan, por ejemplo, los trabajos pioneros de Arnal (1986) y Garidel (1985), que sin embargo no van más allá de la reproducción de los supuestos gestos realizados. Muchos de estos trabajos se han dirigido, principalmente, hacia las decoraciones (Koriokova, 2006).

Por su parte, la experimentación controlada tiene por objetivo evaluar el comportamiento de alguna variable relacionada con el aspecto o la formación de trazas, o sobre como afecta la herramienta utilizada o la presión ejercida en algunas trazas. Es precisamente esta experimentación controlada la que puede resultar especialmente interesante para la arqueología ya que permite contrastar problemáticas concretas que, a través de otros tipos de aproximaciones, como la etnográfica, no son posibles. En este sentido, se pueden destacar especialmente los trabajos de Martineau (2001; 2005) y Roux (1990; 2016). También cabe remarcar los trabajos de Gheorghiu (2006) o Zhushchikhovskaya (2005), que se encuentran a caballo entre la experimentación replicativa y la controlada.

La implementación de una experimentación controlada supone dejar constantes todas las variables que intervienen en la experimentación, modificando tan solo una con el fin de ir controlando la incidencia de la variable modificada en el resultado final.

### 3. El reconocimiento técnico a partir de los patrones de fractura: propuesta metodológica

Sander van der Leeuw (1976) fue uno de los primeros en explorar el potencial de las fracturas para estudiar las técnicas de modelado de vasijas medievales y neolíticas. El método utilizado para desarrollar sus propuestas interpretativas se basó en el estudio de los tipos de fracturas y su correlación con la forma de las vasijas y trazas presentes en la superficie.

Owen Rye (1981: 59) ha sido uno de los investigadores que más han pro-

fundizado en el tema. Este autor diferenció distintas formas de fracturas asociadas a diferentes técnicas de fabricación.

Años después, Martineau (2001) expuso el corpus metodológico que había utilizado en su tesis doctoral (presentada en el año 2000). Distinguía entre trazas y estigmas (referidos a las formas generadas en las fracturas transversales). Posteriormente, (Martineau, 2005) aplicó el término de microestructuras para las huellas observables en el corte trasversal de la vasija.

Livingstone, en su tesis, leída en 2001 también incorporó las fracturas para su protocolo de análisis del modelado, aunque distinguía entre macrotrazas o índices macroscópicos y el análisis de la estructura interna mediante la observación de la sección bruta, sección pulida, lámina delgada y radiografías en sección tangencial y en sección radial (Livingstone, 2007). Opinaba, en este sentido, que las fracturas no son suficientemente significativas para poder ser asociadas a técnicas específicas de fabricación.

Una de sus principales aportaciones consistió en distinguir entre macrotrazas de superficie, que definió como la topografía de la superficie, y las fracturas, referidas a la estructura interna. Dentro de este segundo grupo diferenció la información obtenida en la vista tangencial (perpendicular a las paredes de la vasija) y en la vista radial (en sección paralela a las paredes de la vasija). Sin embargo, desgraciadamente, no profundizó en la significación y morfología de las fracturas, en especial en la fractura trasversal, observada macroscópicamente, al considerarla una correlación complicada.

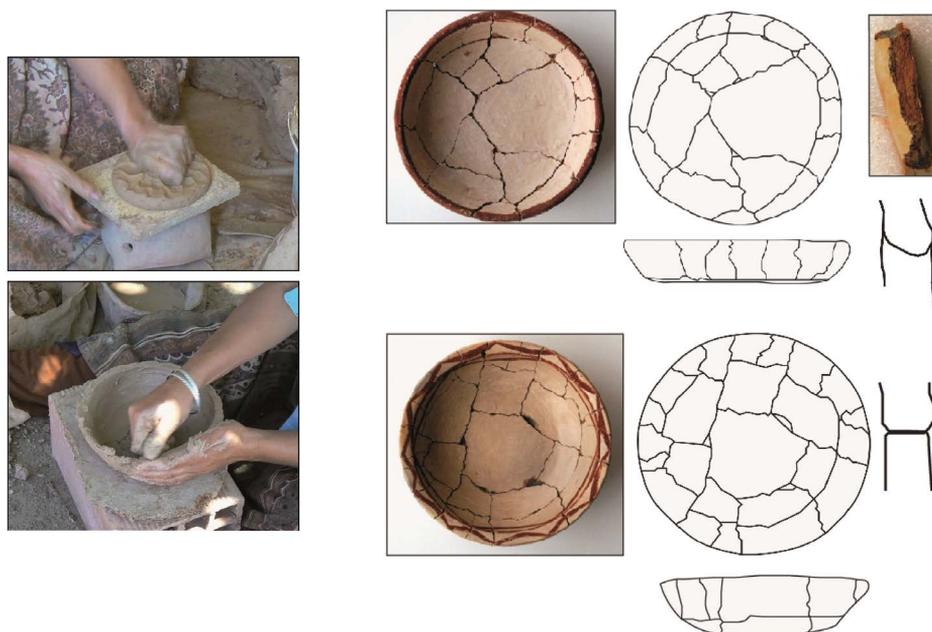
Ante esta situación, en el año 2007 nos planteamos la necesidad de evaluar el potencial de inferencia que presentaban

las fracturas (García Rosselló, 2010; García Rosselló y Calvo, 2013). A partir de la actualización de las propuestas anteriores, distinguimos entre los patrones que generan las fracturas en una vasija tanto en vista cenital como en vista tangencial y en vista frontal. De esta forma, unificábamos dos tendencias, aquellas que habían trabajado en las evidencias presentes en la fractura trasversal y aquellas, mucho más reducidas y poco estudiadas, que se habían centrado en la información obtenida a partir de la forma que generaban las fracturas a lo largo de una vasija.

Las fracturas son roturas perpendiculares a las paredes de la vasija que provocan la fragmentación de la misma y son el resultado de haber traspasado el campo plástico generando una ruptura del material. En muchos casos, las fracturas podrían considerarse como una extensión de la grieta que llega a atravesar por completo la pieza produciendo la rotura de la misma. Estas roturas pueden acabar generando un patrón (tanto en vista cenital, frontal y sagital o en sección trasversal) del que, en ocasiones, puede inferirse un determinado modo de confección del modelado primario.

A la hora de documentar y analizar las fracturas, cabe tener en cuenta aquellos condicionantes que pueden influir en su proceso de formación. Es decir, necesitamos conocer qué tipo de variables relacionadas con la tecnología cerámica, la función de las vasijas y los procesos posdeposicionales condicionan la aparición y visualización de las fracturas.

En este sentido, debemos concebir a las fracturas como trazas de formación indirecta que se generan una vez que han finalizado las operaciones técnicas de confección (figura 1). Si bien los motivos de su generación suelen estar vinculados



**Figura 1.** Operaciones técnicas de modelado y patrón de fractura. Sidi Najam, Túnez. (Foto: Jaume García Rosselló)

con la cocción, la función o los procesos deposicionales, nos aportan información de tipo tecnológico con relación al proceso de fabricación de las piezas ya que en numerosas ocasiones la ruptura de las paredes de la vasija se produce por los puntos más débiles que se han generado durante su confección.

El comportamiento de las fracturas puede analizarse desde tres planos distintos (figura 2):

- La visión cenital: documenta el patrón de generación y dispersión de las fracturas a lo largo de la vasija desde un plano de visión perpendicular respecto al objeto. Es la visión en planta, desde arriba, de la vasija (figura 2-1).

- La visión frontal: documenta el desarrollo de las fracturas de forma paralela a la superficie de la vasija desde un plano

de visión horizontal respecto al objeto. Es la visión desde un lateral de la vasija, el alzado (figura 2-2).

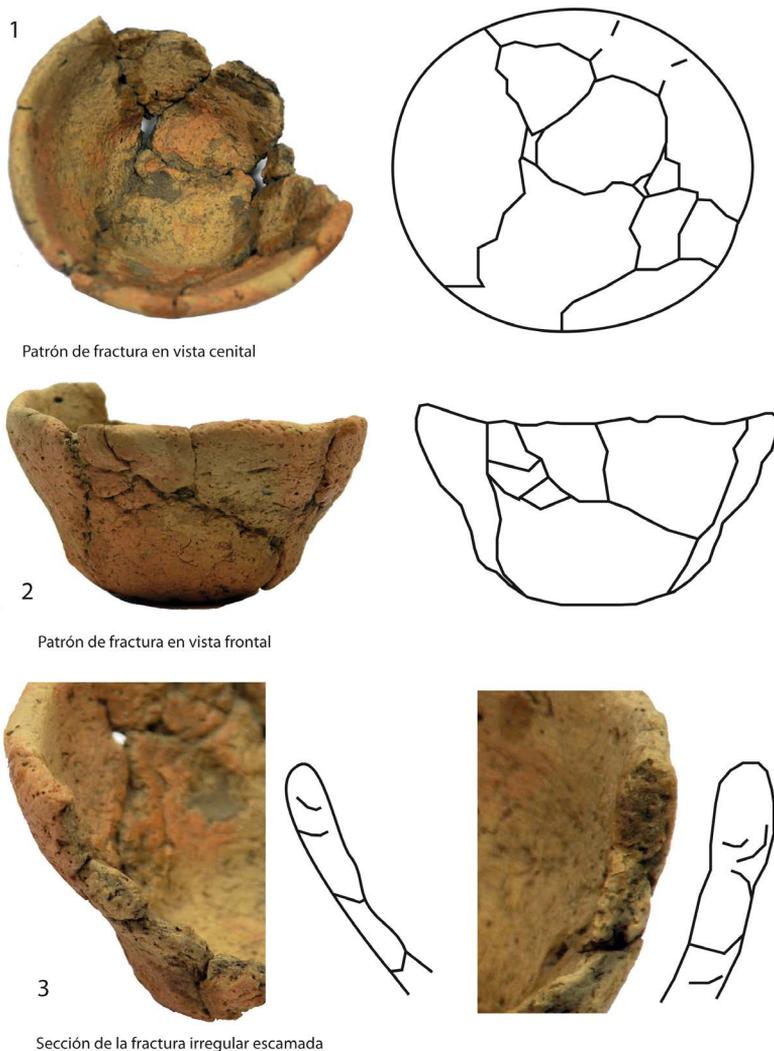
- La visión sagital: documenta el aspecto de las fracturas de forma transversal a la superficie de la vasija, desde un plano de visión perpendicular al objeto y en ángulo recto respecto a la visión frontal (figura 2-3).

Al mismo tiempo, en el análisis de los patrones de fractura podemos distinguir entre la microestructura interna y la fractura propiamente dicha.

#### *Microestructura interna* (figura 2-3)

La visión sagital documentaría la microestructura interna de las paredes de la vasija.

La microestructura interna hace referencia a las trazas que aparecen en la fractura transversal y que tienen una tendencia



**Figura 2.** Planos de análisis de las fracturas. 1. Visión cenital. 2. Visión frontal. 3. Visión sagital (microestructura interna). Vasija del siglo II a. C. procedente del yacimiento mallorquín Turó de Ses Abelles. (Foto: Jaume García Rosselló)

perpendicular a la superficie. Son trazas de formación indirecta ya que se generan a partir de procesos posteriores a la acción técnica: cocción, uso y procesos posdeposicionales. Estas marcas se forman general-

mente cuando la vasija se fractura. No obstante, cuando se fractura la vasija forma resaltes y microgrietas que adquieren una determinada forma y secuencia según los movimientos a los que haya sido sometida

la arcilla durante el proceso de modelado. La agrupación de los diferentes tipos de trazas (grietas, ordenaciones de las inclusiones, resaltes o coloraciones) a lo largo de la fractura transversal nos informará sobre su proceso de formación y, por tanto, se podrán asociar a diferentes acciones técnicas.

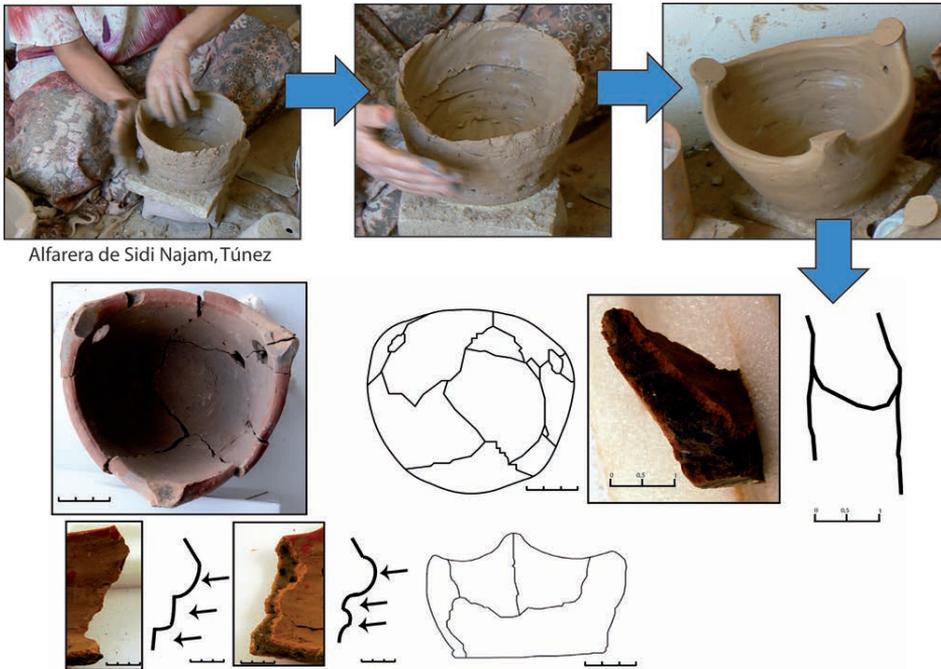
La combinación de estos grupos de trazas establecería la microestructura (ya planteada en Martineau, 2001) visible en la fractura transversal, lo que daría mucha mayor solidez a nuestras inferencias técnicas.

### *Patrones de fractura*

La información obtenida a través de las fracturas proviene de la visión frontal y

cenital de la vasija. Su formación está condicionada por el impacto que ha sufrido la pieza, por lo que son, por tanto, de formación indirecta. Sin embargo, en la mayoría de los casos, su origen está vinculado a la superación del nivel del estado plástico que pueden soportar las paredes de la vasija. Esta es la variable que hemos utilizado para establecer los patrones de fractura. Cuando la pieza se fractura, lo hará por los puntos más débiles, que, generalmente, se pueden relacionar con procesos, gestos y operaciones técnicas específicos (figura 1 y 3).

En este sentido, la identificación de la forma y tipo de marca debería ser la misma, tanto si utilizamos una estrategia



1.- Col. etnográfica Jabisa/ 2007 nº et 32 (Sidi Najam, Túnez)

**Figura 3.** Proceso inferencial de trazas de formación indirecta como las fracturas. Jabissa, Túnez. (Foto: Jaume García Rosselló)

macroscópica como el análisis de la sección bruta, sección pulida, lámina delgada, radiografía en sección tangencial y en sección radial, el microscopio de luz diferida (confocal) o la tomografía axial computerizada.

#### 4. Planteamiento inicial: evaluación de la propuesta metodológica

Nuestro protocolo experimental ha estado orientado a explorar si el modo en que se fracturan las vasijas puede aportar información sobre el modelado. El objetivo ha sido determinar si es posible establecer pautas con el fin de correlacionar las operaciones técnicas con el tipo de fractura, su microtopografía y los patrones que se generan. A su vez, hemos intentado analizar el papel que juegan otras variables, como la forma de la vasija, la zona de impacto, la temperatura o la composición de la pasta en la generación y el desarrollo de las fracturas.

La hipótesis de partida que debía ser contrastada parte de la siguiente premisa: el origen de una fractura responde a un impacto o presión, mientras que el desarrollo de la misma a lo largo de la vasija tiene que ver con los puntos más débiles de las paredes de las cerámicas.

Estos puntos más frágiles estarían relacionados con:

1. La forma de la vasija. Los puntos de inflexión del cuerpo o los cambios de perfil pueden presentar las paredes más delgadas y, por tanto, la correlación de fuerzas que soportan las paredes de la pieza puede condicionar los puntos por donde se inicia la rotura.

2. La confección de la vasija. En este caso, la técnica de confección determina la existencia de puntos de unión que pue-

den ser más delgados, menos compactos y menos resistentes. Estos puntos de unión no tienen el grado de homogeneización y compactación de la pasta que tiene el resto de la cerámica, lo que puede provocar que muchas fracturas se inicien en estas zonas. Esto ocurre cuando se unen diferentes partes de una pieza confeccionadas por separado. Sin embargo, el caso más claro se observa en la técnica del urdido, donde los puntos de unión de los diferentes rulos o tiras son las zonas más débiles y es por aquí por donde, generalmente, se pueden fracturar este tipo de piezas.

3. La zona de impacto. Las fracturas por impacto directo son normalmente las más comunes en el proceso de rotura que sufre el material cerámico. El patrón de fractura está condicionado por el punto de impacto de la vasija y condiciona su origen y su desarrollo.

4. La temperatura. La temperatura de cocción alcanzada podría afectar a la aparición de grietas y fracturas. Una alta temperatura de cocción puede determinar una mayor solidez y dureza de las paredes de la vasija, lo que determinará la aparición de fracturas y el posible desarrollo de las mismas.

5. La composición y características de la pasta. Igual que ocurre con la temperatura, las características y composición de la pasta cerámica pueden generar unas paredes de la vasija más sólidas y consistentes que condicionen la aparición de las fracturas. Uno de los elementos fundamentales en este sentido es el tipo de fracción: fina, sin apenas inclusiones o de un tamaño pequeño, o gruesa, con una alta porosidad e inclusiones de tamaño grande.

6. La estructura de cocción puede condicionar la aparición de fracturas originadas por estrés térmico. Se desarrollan en la pasta arcillosa durante el secado y la

cocción de la pasta, debido a la contracción y expansión de las partículas de arcilla y de las inclusiones. Estas fracturas son originalmente grietas que se forman por el choque térmico, tanto por un rápido calentamiento como por un enfriamiento rápido. En este grupo existen algunas grietas y fracturas (como las que generalmente se originan en la boca de la vasija) que no están directamente relacionadas con el modelado. Sin embargo, la mayoría de fracturas producidas durante la cocción pueden aportar información sobre el modelado de la pieza.

## 5. Diseño del protocolo experimental

El diseño del protocolo experimental ha consistido en someter a una presión estática a vasijas fabricadas de diferente modo hasta que se han fracturado.

El objetivo ha sido evaluar la relación entre la técnica de fabricación y el modo de fractura entre vasijas con formas y tamaños similares. Buscamos saber si la vasija se fractura de forma distinta según la técnica de fabricación con la que se ha confeccionado. Para ello, hemos utilizado tanto cerámicas de procedencia etnográfica como otras fabricadas por nosotros.

El protocolo que hemos seguido se puede desglosar en las etapas que se explican a continuación.

### 5.1. Selección de muestras

Hemos intentado que todas tuvieran un mismo perfil morfológico y unas dimensiones similares (figura 4). A fin de poder establecer una comparación entre técnicas y vasijas significativamente sólida, las piezas se han asociado a técnicas en grupos de cinco, es decir, hemos fracturado

cinco vasijas fabricadas con la misma técnica de modelado y cocción y las mismas características composicionales. Se han seleccionado diferentes técnicas procedentes de nuestra colección etnográfica y experimental: 1) urdido con aplicación por aplastado, 2) ahuecado, 3) golpeado, 4) molde sobre forma convexa, 5) molde sobre forma cóncava.

Los criterios de selección se han establecido a partir de los siguientes factores:

1. Morfometría y tipología.
2. La fracción de la matriz de la pasta, inclusiones y composición.
3. Temperatura, estructura y atmósfera de cocción.
4. Modelado primario: estrategia de conformación de la forma básica de la pieza.

La colección utilizada ha sido la siguiente:

#### *Siwa (Egipto)*

Forma: cuenco hemiesférico con cuatro pies. Se ha utilizado el cuenco superior para la experimentación.

Función: incensario.

Dimensiones: 9 x 6 cm.

Estructura de cocción y combustible: hoguera de superficie, hoja de palmera.

Temperatura alcanzada y tiempo de cocción: 35 minutos de cocción; enfriamiento fuera de la estructura; máximo de temperatura alcanzado, 850 °C.

Técnica: ahuecado y estirado.

Composición de la pasta: arcilla local triturada y cribada; fracción gruesa.

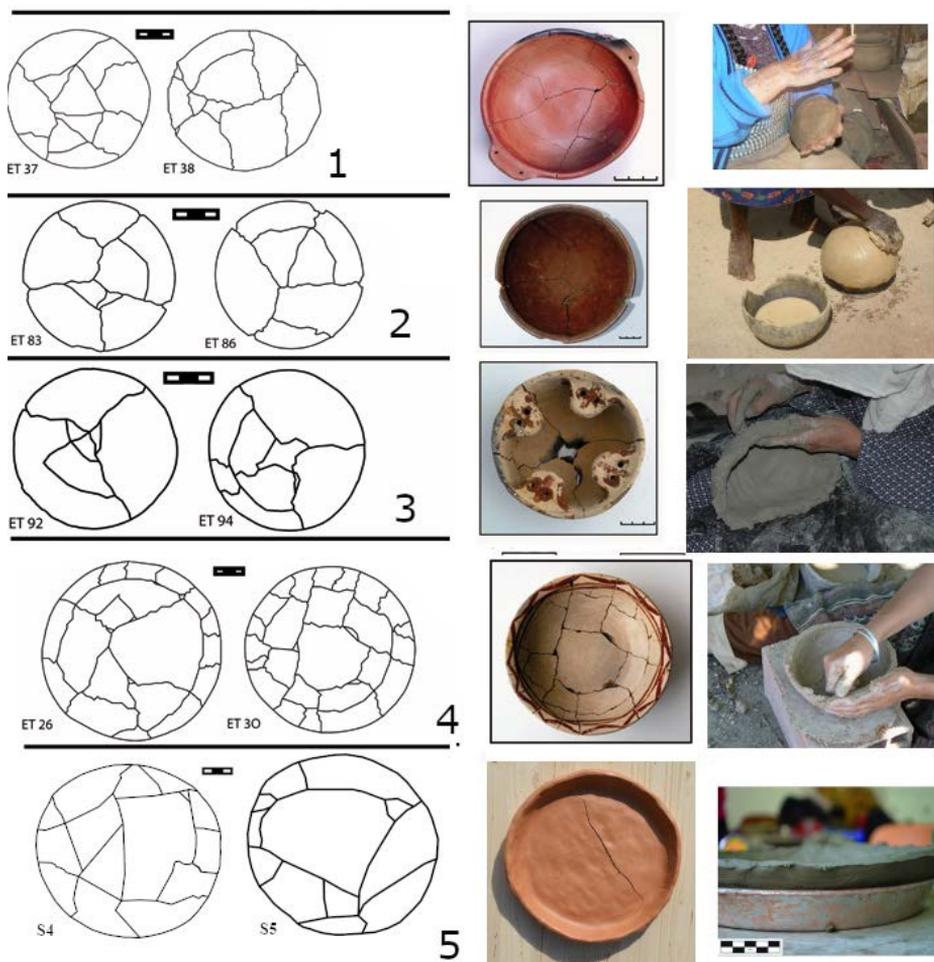
Inventario: Et 90, Et 91, Et 92, Et 93, Et 94.

Año de recogida: 2001 y 2009.

#### *Quinchamalí (Chile)*

Forma: cuenco hemiesférico.

Función: cazuela y plato.



**Figura 4.** Asociación de patrones de fractura en vista cenital con las operaciones técnicas de formación. 1. Golpeado manual. Pilén y Quinchamalí (Chile). 2. Confección de un disco sobre molde de forma convexa (golpeado y arrastrado de superficie). Garu District (Ghana). 3. Ahuecado y estirado. Siwa (Egipto). 4. Úrdido (colombinos aplastados y superpuestos). Sidi Najam y Jabissa (Túnez). 5. Confección de un disco sobre forma cóncava (estirado y presionado manual). Colección experimental. (Foto: Jaume García Rosselló)

Dimensiones: 11 x 5 cm.

Estructura de cocción y combustible: hoguera de superficie, pino y bostas de vacuno.

Temperatura alcanzada y tiempo de

cocción: 45 minutos de cocción; enfriamiento fuera de la estructura; máximo de temperatura alcanzado, 700 °C.

Técnica: golpeado manual y estirado (técnica de alado).

Composición de la pasta: arcilla local cribada; añadido de gravas de origen sedimentario; fracción gruesa.

Inventario: Et 37, Et 38, Et 39, Et 40, Et 41.

Año de recogida: 1999 y 2007.

#### *Jabissa (Túnez)*

Forma: cuenco hemiesférico de base ligeramente aplanada.

Función: plato / incensario.

Dimensiones: plato, 25-35 x 5-8 cm / incensario, 20-25 x 10-15 cm.

Estructura de cocción y combustible: hoguera de superficie, hojas y bostas de vacuno.

Temperatura alcanzada y tiempo de cocción: 35 minutos de cocción; enfriamiento fuera de la estructura; máximo de temperatura alcanzado, 750 °C.

Técnica: colombinos aplicados por presión y aplastado.

Composición de la pasta: arcilla local cribada; añadido de arena de playa; fracción gruesa.

Inventario: Et 25, Et 26, Et 30, Et 23, Et 32.

Año de recogida: 2007.

#### *Kapatia y Burkane Zar-Zua (Ghana)*

Forma: cuenco hemiesférico.

Función: bol.

Dimensiones: plato, 20 x 10 cm.

Estructura de cocción y combustible: estructura permanente de una sola cámara y abierta, tallos de sorgo, arroz y mijo secos.

Temperatura alcanzada y tiempo de cocción: 55 minutos de cocción; enfriamiento, 12 horas dentro de la estructura; máximo de temperatura alcanzado, 950 °C.

Técnica: molde sobre forma cóncava.

Composición de la pasta: arcilla local

triturada; añadido de arcilla seca; fracción gruesa.

Inventario: Et 83, Et 84, Et 85, Et 86, Et 87.

Año de recogida: 2009 y 2010.

#### *Colección experimental Sassari*

Forma: cuenco hemiesférico de base aplanada.

Función: plato.

Dimensiones: plato, 30 x 12 cm.

Estructura de cocción y combustible: horno eléctrico de una sola cámara.

Temperatura alcanzada y tiempo de cocción: la temperatura máxima alcanzada fue de 960 °C, obtenida por un aumento progresivo de la temperatura de 100 °C cada 2 horas; esto fue seguido por una fase de enfriamiento de 24 horas.

Técnica: molde sobre forma convexa.

Composición de la pasta: la arcilla utilizada, de Montelupo Fiorentino (FI) (tipo AFD 70 y AFD 75), tiene una mezcla de color rojo de grano muy fino, resistencia a la flexión en cocción (980 °C) de 250 kg, 10-12 % de capacidad de absorción de agua y un coeficiente de expansión de 74 y 76 x 10<sup>-7</sup>.

Inventario: Ex S1, Ex S2, Ex S3, Ex S4, Ex S5.

Año de confección: 2015 y 2016.

#### 5.2. *Fractura de las muestras*

La hipótesis inicial de trabajo ha sido que unas piezas confeccionadas de una determinada manera y con una misma forma presentarían un patrón de fractura similar. Esta hipótesis inicial se ha formulado teniendo en cuenta que las piezas se fracturan normalmente al ser golpeadas o presionadas fuertemente. Por este motivo, se fracturaron las vasijas mediante un sistema de rotura controlado (figura 5) consis-



**Figura 5.** Rotura controlada mediante peso estático. (Foto: Jaume García Rosselló)

tente en el sometimiento de toda la vasija a un peso fijo hasta que se superaba el punto de ruptura. Al tratarse de un peso estático distribuido de forma uniforme sobre la pieza, la vasija se rompe de forma homogénea por los puntos más débiles y según el sistema de confección. La fractura es producto de la compresión de la pasta ejercida por una fuerza aplicada sobre las paredes de la vasija hasta fracturarse.

Vasijas de formas diferentes y fabricadas de la misma manera pueden presentar patrones de fractura distintos condicionados por la propia forma de la pieza. Por este motivo, se ha trabajado con vasijas abiertas de base plana o hemisférica: boles, platos, incensarios y braseros. A su vez, se han fracturado grupos de vasijas donde la técnica de modelado y la forma de la pieza eran las mismas.

El protocolo de trabajo seguido consistió en:

- Ubicación de las vasijas encima de una superficie plana, sobre la base o sobre la boca de forma horizontal.

- Cubrimiento de las vasijas con una plataforma de fórmica plana.

- Colocación de un peso estático sobre las cerámicas que generaba una presión uniforme sobre toda la pieza.

- Incremento del peso hasta conseguir la rotura de la vasija.

- Colocación de un tope a la altura de la vasija para evitar que el peso, una vez llegado al punto de rotura, pulverizara la pasta.

### 5.3. Documentación de los patrones de fractura

Para documentar los patrones de fractura se han remontado las vasijas y reconstruido los fragmentos cerámicos con el fin de obtener un patrón de fractura lo más claro posible. Antes de ello, se ha descrito y documentado la microestructura interna de cada vaso a partir de la visión trasversal de las fracturas en posición vertical. Con posterioridad, se han documentado las líneas formadas por las fracturas tanto en su visión sagital como en su visión cenital.

#### 5.4. Resultados y discusión

Los patrones de fractura presentan cierta variabilidad, aunque se trate de formas iguales fabricadas mediante el mismo sistema. Por ello, es necesario contar con un número significativo de vasijas con la misma forma y fabricadas de la misma manera.

Los resultados obtenidos en esta etapa no han tenido en cuenta otras variables que pueden influir en el patrón de fractura y que se discuten posteriormente dentro de los diferentes experimentos de control (ver figura 4).

Esta primera experimentación nos ha permitido confirmar que la rotura de una pieza puede tener diferentes patrones según el proceso que ha sufrido la arcilla cuando estaba en estado fresco. Estos patrones son diferentes en vista cenital y en vista frontal. Merece un tratamiento especial la microtopografía de la vasija, pues es donde mejor se pueden identificar los diferentes procesos técnicos que se realizaron.

##### 5.4.1. Vista cenital

En vista cenital podemos observar dos comportamientos que tienen que ver con la adición de fragmentos de arcilla (colombinos) y aquellos que suponen el estirado de la arcilla en todas sus modalidades (golpeado, ahuecado, estirado sobre un molde...) (figura 4).

*A. Anular.* Este tipo de fractura se relaciona con la confección por urdido. Las fracturas tienden a formarse de forma horizontal concéntrica y secuencial superpuesta. Esto es debido a que la rotura de la pieza tiende a generarse en los puntos de unión donde se han ido superponiendo los colombinos. Posteriormente, estos han sido unidos mediante el arrastrado de

la arcilla en sus extremos, eliminando el hueco que se formaba entre ellos. Estos puntos son, normalmente, los más débiles de la vasija y por donde primero ceden las paredes.

La colocación de colombinos cortos superpuestos y estirados profusamente, como el caso que nos ocupa, forma un patrón en damero.

Otro elemento que debe tenerse en cuenta es el sistema de unión lateral de los colombinos. Cuando la unión es en champiñón, las roturas verticales entre colombinos son más infrecuentes. Lo mismo ocurre cuando la unión lateral consiste en el aplastamiento y la superposición de un extremo del rulo sobre otro. En cambio, cuando la unión es simplemente por arrastrado las fracturas son más frecuentes.

Hay que recalcar que no aparecen fracturas en todos los puntos de unión de los colombinos, tan solo en algunos, generalmente, los que presentaban deficiencias en su unión. Al ser rulos cortos, lo que sí se puede apreciar es una secuencia de fracturas verticales (que coincidirían con el límite lateral de los rulos) que forman un aspecto de damero.

*B. Radial en estrella.* Patrón que se caracteriza por la formación de fracturas verticales desde el centro de la base hacia la boca, formando una estrella. En ocasiones pueden aparecer fracturas de desarrollo horizontal en la parte inferior de la base que deben relacionarse, generalmente, con los puntos de inflexión del cuerpo, más que con aspectos tecnológicos.

Este tipo de fracturas se relaciona con el arrastrado de grandes cantidades de arcilla desde la base para formar el cuerpo de la pieza. Es por esto que este patrón se puede vincular tanto al ahuecado y estirado (documentado en el oasis de Siwa)

como al golpeado y estirado (característico de los valles centrales de Chile), el martilleo sobre molde (tradición que se desarrolla en el norte de Ghana) y el arrastrado sobre molde de forma cóncava (colección experimental).

Al no haber puntos de unión o debilidades de desarrollo horizontal en la pieza, las fracturas se van extendiendo de forma vertical hasta unirse en un punto.

#### 5.4.2. Vista frontal

Igual que ocurre en la vista cenital, los patrones observables en la vista frontal pueden dividirse en dos grandes grupos, más allá de la variabilidad citada anteriormente.

*A. Fractura ondulada/escalonada en su desarrollo vertical.* Este primer grupo engloba las piezas confeccionadas por urdido. Las fracturas generalmente se producen en los puntos de unión lateral de los colombinos, aunque evidentemente en numerosas ocasiones la fractura puede producirse en otra posición, atravesando verticalmente lo que durante la confección fue un único rulo. Este tipo de fracturas queda constantemente interrumpido por otras fracturas horizontales, dejando un aspecto de fractura escalonada en su desarrollo vertical. También pueden tener un aspecto ondulado que marcará el grosor de los diferentes colombinos. Estas ondulaciones tienen que ver con el punto de unión superior e inferior del colombino.

*B. Fractura irregular de desarrollo lineal vertical.* En este segundo grupo se englobarían todas las piezas que no se confeccionan por urdido. Al no fracturarse la pieza en líneas horizontales, la fractura se va desarrollando desde la boca (uno de los puntos débiles de la pieza) hasta la base, donde se unen diferentes

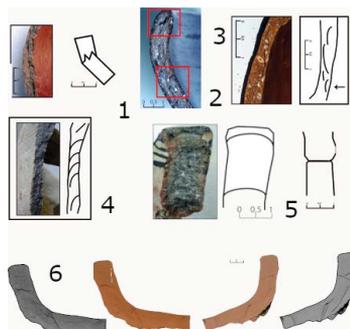
fracturas. Pese a tener un desarrollo irregular, todas las fracturas presentan una tendencia más o menos rectilínea.

#### 5.4.3. Microtopografía (resaltes y grietas)

En la forma que adquiere la fractura en la sección también se pueden establecer dos grupos principales (figura 6).

*A. Sección curva.* Las piezas confeccionadas por urdido presentan una sección curva y unos resaltes alados o formando un pequeño reborde en la parte cercana a las paredes.

Las piezas confeccionadas por colombinos en cabalgamiento y unidos por aplastamiento presentan una sección plana redondeada y una nervadura irregular alada bastante marcada. Esto es debido a que, generalmente, este tipo de colombinos son estirados considerablemente para alargar las paredes de la vasija. El aplasta-



**Figura 6.** Microtopografía de la fractura transversal. 1. Golpeado manual. Pilén (Chile). 2. Golpeado manual. Quinchamalí (Chile). 3. Confección de un disco sobre molde de forma convexa (golpeado y arrastrado de superficie). Garu District (Ghana). 4. Ahuecado y estirado. Siwa (Egipto). 5. Urdido (colombinos aplastados y superpuestos). Sidi Najam y Jabissa (Túnez). 6. Confección de un disco sobre forma cóncava (estirado y presionado manual). Colección experimental. (Foto: Jaume García Rosselló)

miento hace que la sección sea más aplanaada, aunque manteniendo una sección curva. Este hecho se acentúa por el amplio reborde que presentan en los extremos de la pared, en el punto de unión de dos colombinos.

*B. Resaltes de forma diagonal paralelos a la superficie.* Las vasijas modeladas por técnicas que implican arrastrado significativo de la arcilla presentan una forma de los resaltes en diagonal o en bisel de tendencia paralela a las paredes de la vasija.

En este caso el nivel de concreción es mayor:

B.1. Las vasijas confeccionadas con molde convexo y martilleo presentan una sección irregular en bisel paralela a las paredes de la vasija. Pero, además, su sección es escamada. Este tipo de técnica consigue una pasta muy compacta en la fractura trasversal. Sin embargo, cuando se rompe presenta algunas escamas paralelas a la superficie de la vasija. Son microfracturas semicirculares, donde la parte curva siempre mantiene una dirección desde la pared exterior hacia la interior. Estas no son más que huellas del martilleado sobre la pasta cuando está colocada sobre el molde. Al martillar la superficie, la pasta se compacta pero forma microestructuras que evidencian la dirección del golpeado. De ahí que se presenten paralelas a la superficie.

B.2. Las vasijas confeccionadas por molde cóncavo y arrastrado de la arcilla sobre el mismo presentan unos resaltes y grietas a lo largo de las paredes de la vasija de forma alargada, poco desarrollo y posición central en la pared.

B3. Las vasijas confeccionadas por ahuecado y estirado tienen una sección igual a la anterior y también es escamada. Sin embargo, aquí la pasta es mucho menos compacta —menos incluso que en las

piezas confeccionadas por urdido— y las escamas o microfracturas semicirculares se forman de forma perpendicular a la superficie, generando un aspecto ligeramente escalonado. En este caso, las escamas indican la dirección del arrastrado y estirado de la arcilla de arriba abajo y de abajo arriba.

*D. Las piezas confeccionadas por golpeado manual y arrastrado* siguen una técnica similar a la anterior, sin embargo, la presencia de golpes manuales sobre la superficie para dar forma puede significar algunas variaciones en las paredes de la vasija. Estas variaciones se observan por una sección irregular dentada o en zigzag que tiene que ver, nuevamente, con el arrastrado de la arcilla, pero también con el golpeado que no la compacta suficientemente bien.

## 6. Experimentos de control

Después de finalizado el protocolo experimental, se han desarrollado diferentes protocolos de control orientados a valorar el nivel de incertidumbre con relación a otras variables que podrían condicionar el modo en que se rompen las cerámicas.

### 6.1. Experimento de control 1. Relación entre la forma y la fractura de la vasija

#### *Objetivo*

Determinar en que medida la forma condiciona el patrón de fractura.

#### *Diseño del experimento*

Se comparan los patrones de fractura entre formas distintas entre la colección de Túnez y Quinchamalí-Pilén (Chile). Se

evalúa si bocas cerradas, perfiles en S, refuerzos, salientes y aristas condicionan la forma de la fractura.

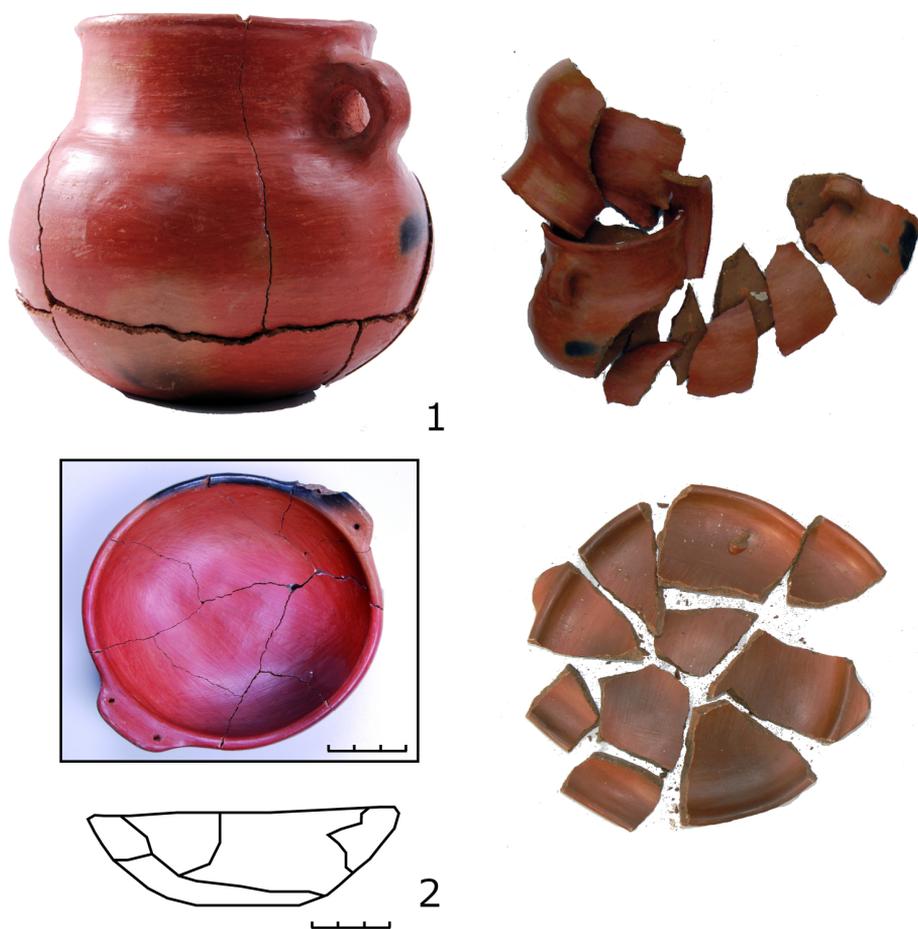
*Selección de la muestra* (figura 7)

Se han seleccionado cuatro vasijas de formas diferentes que han sido comparadas con vasijas del grupo de Quinchamalí-Pilén y Túnez con las mismas características técnicas.

Túnez

Et 23

Incensario: forma cóncava y base plana con puntos salientes en la boca a modo de puntas. Forma seleccionada ya que aparentemente los puntos salientes de la boca determinarían un patrón de fractura diferente. De mayor profundidad que el grupo fracturado. Dimensiones, 20 x 20 cm.



**Figura 7.** Patrón de fractura en vasijas de distintas formas procedentes de Pilén (Chile). 1. Olla globular en perfil en S. 2. Cuenco hemisférico. (Foto: Jaume García Rosselló)

### Quinchamáli-Pilén

Et 53a

Paila: misma forma que el grupo fracturado, pero con asas levantadas y tamaño mucho menor. Dimensiones, 5 x 3 cm.

Et 53b

Tapadora: forma abierta y base plana, con refuerzo central a modo de asa.

Et 40

Olla de boca cerrada. Vasija de forma muy diferente. Boca cerrada, cuello de desarrollo pronunciado y perfil del cuerpo en S.

### *Resultados y discusión*

Los patrones de fractura presentan variaciones respecto a la colección experimental de fractura. Estas variaciones vienen determinadas por los puntos de inflexión que condicionan el lugar por donde se inician las fracturas. En el caso de piezas abiertas, aunque presenten refuerzos o resaltes estas variaciones son menores. En el caso de piezas cerradas con varios puntos de inflexión, las variaciones son mayores respecto al grupo de referencia. Las diferencias de tamaño no alteran el patrón de fractura.

No obstante, en todos los casos, los patrones generados siguen pudiéndose asociar a las técnicas de manufactura, aunque sea parcialmente, y presentan un desarrollo que se puede asociar a la colección experimental. Esto es especialmente evidente en la microestructura interna, donde la forma de la vasija apenas afecta a la formación de grietas y resaltes.

### *6.2. Experimento de control 2. Relación entre el origen de la fractura y el patrón que se genera*

#### *Objetivo*

Evaluar en que medida existen variaciones en los patrones de fractura según el

tipo de impacto. El objetivo es comparar las variaciones que pueden establecerse entre los dos sistemas de fractura.

#### *Diseño del experimento*

Se han fracturado por impacto vasos de diferentes formas y tamaños procedentes de la colección experimental de Ghana (figura 8). Esta fractura se ha generado mediante un golpe seco realizado contra las paredes de la vasija. Una vez fracturada la vasija y documentado el desarrollo de la fractura, se ha continuado con el proceso de fragmentación por impacto. Se evita el sometimiento de la pieza a un peso estático y homogéneo. Se han comparado los resultados con otras vasijas fracturadas mediante un peso estático y fabricadas de la misma forma para el caso de la base.

#### *Selección de la muestra*

Vasijas con la base fabricada por la misma técnica que la colección experimental. Al ser de mayor tamaño, la parte superior de la vasija se ha fabricado por colombinos en cabalgadura interna y unidos por arrastrado.

Olla globular, perfil en S, base hemisférica, boca cerrada, cuello incipiente y borde divergente curvado.

Et 68, Et 69, Et 70, Et 71.

Gran contenedor toneliforme, boca cerrada, cuello incipiente y borde divergente curvado.

Et 72, Et 73.

#### *Resultados y discusión*

Evidentemente, las vasijas fracturadas por impacto directo presentaban un patrón de fractura originado y condicionado por el punto donde se produjo el impacto. Sin embargo, se podían apreciar fracturas parciales (en la microtopografía, en la sec-

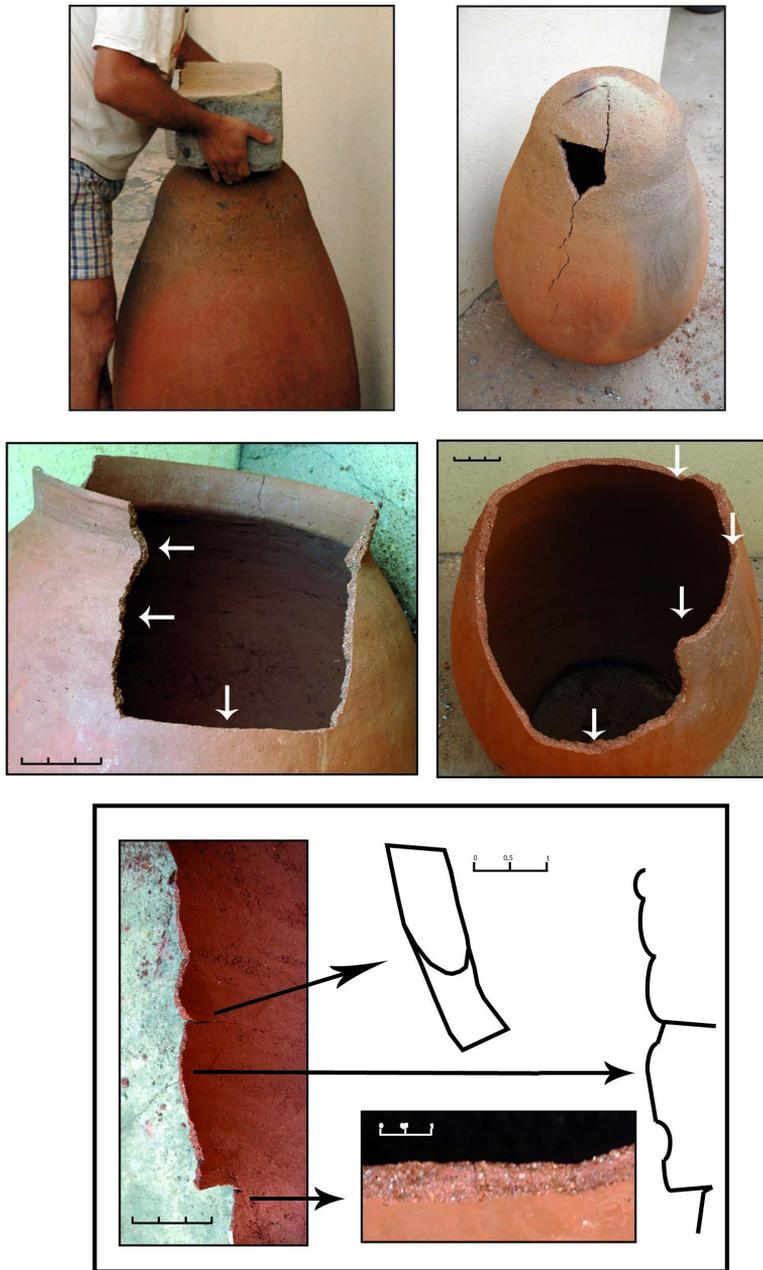


Figura 8. Fracturas generadas mediante impacto. Forma toneliforme. Garu District (Ghana). (Foto: Jaume García Rosselló)

ción y en las visiones cenitales y frontales) que presentaban un comportamiento muy similar, aunque fragmentario, al de las vasijas pertenecientes a la colección de referencia (figura 9). En este sentido se puede determinar que el tipo de impacto no afecta al aspecto de los resaltes y grietas que forman parte de la microtopografía de la fractura transversal. Respecto a la forma de las fracturas en visión cenital y sagital, su forma viene condicionada por el lugar de impacto, pero su desarrollo posterior esta determinado por el camino que sigue la fractura por aquellos puntos más débiles y por tanto vinculados a puntos de inflexión y la técnica utilizada.

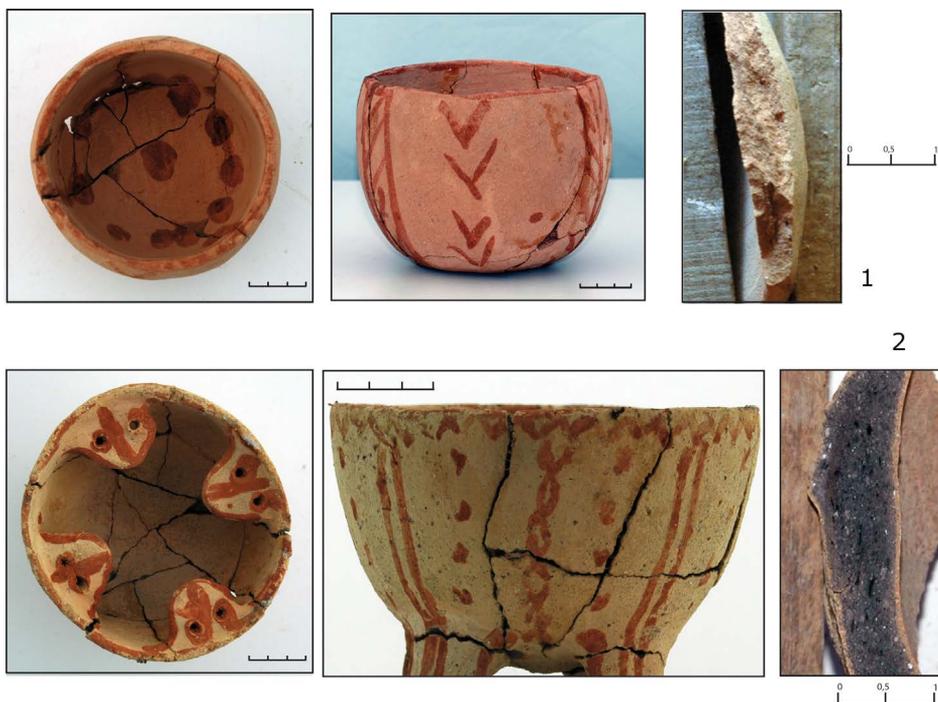
### 6.3. Experimento de control 3. Relación entre la temperatura de cocción y el patrón de fractura

#### Objetivo

Determinar si a diferentes temperaturas las vasijas fabricadas con la misma técnica se fracturan igual.

#### Diseño del experimento

Fractura de dos vasijas que puedan ser comparables con otra colección, en este caso Siwa (Egipto), y que han sido cocidas a una temperatura superior que se alcanza de forma progresiva sin choque térmico (figura 9).



**Figura 9.** Comparativa de patrones de fractura en cuencos procedentes de Siwa (Egipto) cocidos a diferentes temperaturas: 1. 1000 °C en horno eléctrico; 2. hoguera de superficie, 850 °C. (Foto: Jaume García Rosselló)

*Selección de la muestra*

Siwa (Egipto).

Mismas formas y dimensiones que la colección de referencia. Cocción en horno eléctrico a 1000 °C, 8 horas; enfriamiento en cámara, 8-12 horas.

Et 104, Et 97.

*Resultados y discusión*

Como conclusión, hemos podido establecer que la temperatura no influye en el patrón de fractura sino en la resistencia de la pieza. Para romper las vasijas cocidas a 1000 °C, necesitamos un peso estático de 130 kilos, mientras que para las vasijas cocidas a 700 °C solo se necesitaron entre 40 y 65 kilos. Ambos grupos de piezas presentaba un patrón de fractura en vista cenital y perpendicular similar. A su vez, la sección de las fracturas evidenciaba una relación con la técnica de arrasado. La única diferencia radicaba en que en las primeras la fractura en su corte transversal era más limpia y lisa que en las segundas.

La temperatura de cocción puede reducir la visibilidad de algunas observaciones técnicas. No las elimina por completo, pero las vasijas cocidas a mayores temperaturas presentan un corte transversal más limpio que las cocidas a menores temperaturas. Esto afecta a la cantidad de rasgos visibles en la fractura, aunque no los elimina por completo.

#### 6.4. Experimento de control 4. Relación entre la composición de la pasta y el patrón de fractura

*Objetivo*

Evaluar la forma en que la composición de la pasta puede modificar el patrón de fractura.

*Diseño del experimento*

La composición mineralógica y química de las muestras utilizadas para la experimentación es variable, ya que depende del lugar donde se fabricaron las piezas y de las tradiciones existentes en relación con las recetas de la pasta y la mezcla de componentes. Por este motivo, el experimento de control ejecutado ha consistido en comparar vasijas confeccionadas con fracción fina con otras de fracción gruesa. Se han fabricado tres vasijas mediante colombinos superpuestos que se han comparado con la colección experimental de Túnez a nivel de los patrones de fractura generados.

*Selección de la muestra*

Muestra experimental

Mismas formas y dimensiones que la colección de referencia. Arcilla de fracción fina, sin inclusiones, procedente de Montelupo Fiorentino (FI) (tipo AFD 70 y AFD 75).

Inventario: C1, C2, C3.

*Resultados y discusión*

La fracción fina se fractura de la misma forma que otras fracciones y composiciones. La baja porosidad de la pasta y la propia fracción condicionan la existencia de una menor presencia de resaltes y grietas en la fractura transversal. No obstante, si las fracturas pueden generarse en un número menor, su desarrollo continúa generando patrones claros tanto en su vista cenital y como en su vista frontal.

**7. Consideraciones finales**

El protocolo experimental nos ha permitido poner en valor el papel de las fracturas para reconstruir las técnicas de mode-

lado. Es evidente que el origen de una rotura no está directamente relacionado con el modelado de la pieza, pero, sin embargo, sí que proporciona información sobre el sistema de confección utilizado en el modelado primario. Las piezas sometidas a un peso estático no siempre se fracturan igual, aunque sí de forma parecida y siguiendo una misma tendencia. Por tanto, el patrón de fractura puede correlacionarse con la forma en que se ha manipulado la masa de arcilla cuando estaba en estado plástico (fase III). Durante este proceso se regularizaron las paredes y se constituyó la estructura interna de la pasta de una forma más o menos homogénea y compacta. En definitiva, la manera de romperse una pieza está relacionada con el proceso de confección, aunque el origen y los motivos de que se fracture la pieza no suelen ser tecnológicos.

En estos casos puede que, una vez remontadas las vasijas, el patrón de fractura no sea significativo. En cambio, parte de la

forma de las fracturas de algunos fragmentos, así como su sección, puede relacionarse con el modelado de la vasija. Por ejemplo, una secuencia horizontal de rotura junto a una sección cóncava y convexa puede deberse a un mal compactado de los rulos adheridos durante la confección.

Como conclusión, podemos establecer que la temperatura y la fracción de la pasta no influyen en el patrón de fractura sino en la resistencia de la pieza. Lo que sí que condiciona estas variables es la presencia de una mayor o menor cantidad de fracturas.

### Agradecimientos

Este trabajo se integra dentro del proyecto «Archipiélagos: Paisajes, comunidades prehistóricas insulares y estrategias de conectividad en el Mediterráneo occidental. El caso de las Islas Baleares durante la prehistoria (HAR2015-67211-P)».

### Referencias bibliográficas

- ARNAL, G. (1986). «La céramologie préhistorique expérimentale. Archaeologie expérimentale». *Archaeodrome*, 2, Cahier 2, 5-36.
- CALVO TRIAS, M. (2002). *Útiles líticos prehistóricos: forma, función y uso*. Madrid: Ariel.
- GARCÍA ROSSELLÓ, J. (2010). *Análisis traceológico de la cerámica: modelado y espacio social durante el Postalayótico (V-I a. C.) en la península de Santa Ponça (Calvià, Mallorca)*. Tesis doctoral. Palma de Mallorca: Universitat de les Illes Balears.
- GARCÍA ROSSELLÓ, J.; CALVO TRIAS, M. (2013). *Making pots: el modelado de la cerámica a mano y su potencial interpretativo*. Oxford: BAR International Series 2540.
- GARIDEL, Y. (1985). «Experimentations pratiques de technologies céramiques». *Documents d'Archéologie Méridionale*, 8, 133-139. <<https://doi.org/10.3406/dam.1985.961>>.
- GHEORGHIU, D. (2006). «On Chalcolithic Technology. A study case from the lower Danube traditions». En: GHEORGHIU, D. (ed.). *Ceramics Studies*, 11-17. Oxford: BAR International Series 1553.

- KORIAKOVA, L. (2006). «Some approaches to Ceramic Study». En: GHEOGHIU, D. (ed.). *Ceramics Studies*, 11-17. Oxford: BAR International Series 1553.
- LEEUW, S. E. VAN DER (1976). *Studies in the Technology of Ancient Pottery*. Amsterdam: Universiteit van Amsterdam.
- LIVINGSTONE SMITH, A. (2007). *Chaîne Opératoire de la Poterie. Références ethnographiques, analyses et reconstitution*. Tervuren: Musée Royal de l'Afrique Centrale.
- MARTINEAU, R. (2001). «Methodology for the archaeological and experimental study of pottery forming techniques». *Proceedings of the 6th European Meeting on Ancient Ceramics*, 209-215.
- (2005). «Identification of the Beater and Anvil Technique in Neolithic Context: Experimental approach». En: LIVINGSTONE SMITH, A.; BOSQUET, D.; MARTINEAU, R. (eds.). *Pottery manufacturing processes: reconstitution and interpretation*, 147-156. Oxford: BAR International Series 1349.
- ROUX, V. (1990). *Le tour du potier: spécialisation artisanal et compétences techniques*. París: Centre de Recherches Archéologiques. <<https://doi.org/10.4000/tc.760>>.
- (2016). *Des céramiques et des hommes. Décoder les assemblages archéologiques*. Nanterre: Presses Universitaires de Paris Nanterre.
- RYE, O. S. (1981). *Pottery Technology: Principles and Reconstruction*. Washington DC: Taraxacum, Manuals of Archaeology, 4.
- ZHUSHCHIKHOVSKAYA, I. (2005). *Prehistoric Pottery-Making of the Russian Far East*. Oxford: British Archaeological Series.