

A propósito de la altura de los hornos romanos de ánforas: una restitución arquitectónica en el alfar de El Mohíno (Provincia Bética, Hispania)

Regarding the height of Roman amphora kilns: an architectural restitution in the site of El Mohíno (Baetican province, Hispania)

Iván González Tobar

Casa de Velázquez (École de Hautes Études Hispaniques et Ibériques - EHEHI)
Université de Paul Valéry Montpellier 3, LabEx Archimède (ANR-11-LABX-0032-01)
ivan.gontob@gmail.com - ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-0120-5548>

Stéphane Mauné

Université de Paul Valéry Montpellier 3, LabEx Archimède (ANR-11-LABX-0032-01)
stephane.maune@cnrs.fr - ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-0200-2299>

Enrique García Vargas

Universidad de Sevilla
egarcia@us.es - ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8361-1071>

Ophélie Tiago-Seoane

Université de Paul Valéry Montpellier 3, LabEx Archimède (ANR-11-LABX-0032-01)
ophelie.tiagoseoane@gmail.com - ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0001-8557-0138>

Océane Arvidsson

Université de Paul Valéry Montpellier 3
arvidsson-archeo@hotmail.com - ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0006-8490-1931>

Jaime Lucena González

Ayuntamiento de El Rincón de la Victoria, España
jaimelucena88@hotmail.com - ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0001-1243-9403>

Enviado: 23-09-2024. Aceptado: 11-02-2025. Publicado online: 13-05-2025.

Cómo citar este artículo / Citation: González Tobar, I., Mauné, S., García Vargas, E., Tiago-Seoane, O., Arvidsson, O., Lucena González, J. (2025). "A propósito de la altura de los hornos romanos de ánforas: una restitución arquitectónica en el alfar de El Mohíno (Provincia Bética, Hispania)". *Archivo Español de Arqueología*, 98, 743. DOI: <https://doi.org/10.3989/aespa.098.025.743>.

RESUMEN: Aunque las restituciones completas de las cámaras de cocción de los hornos cerámicos romanos son frecuentes, estas suelen realizarse con una escasa base documental. Su altura total es uno de los aspectos peor conocidos y sin embargo se trata de un parámetro esencial para estimar la capacidad de producción de un horno.

Copyright: © 2025 CSIC. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

En este trabajo presentamos el descubrimiento de un horno romano de ánforas de aceite de la provincia Bética de los años 100-140 d. C. para el que proponemos restituir su altura original gracias al hallazgo de la fachada derrumbada *in situ*. Presentamos los resultados obtenidos, que permiten proponer una cámara de cocción casi tan alta como el diámetro de la parrilla (al 92 %) y discutimos el resto de su arquitectura con la ayuda de paralelos etnográficos. El caso de estudio es excepcional y supone un avance en el conocimiento de los hornos romanos de ánforas, confirmando los cálculos de capacidad volumétrica de las cámaras de cocción y dando solidez a los cálculos estadísticos sobre capacidades de producción de los talleres de ánforas romanas del Mediterráneo occidental.

Palabras clave: Dressel 20; aceite; socio-economía; arquitectura; economía circular; alimentación; rural.

ABSTRACT: Although complete restitutions of the firing chambers of Roman ceramic kilns are frequent, they are usually carried out based on incomplete or partial documentation. Their total height is one of the least known aspects, but it remains an essential parameter for estimating the production capacity of a kiln. In this paper, we present the discovery of a c. 100-140 AD Roman oil amphora kiln from the province of Baetica, for which we propose to restore its original height based on the discovery of the collapsed façade *in situ*. We present the results obtained, which allow us to propose a firing chamber almost as high as the diameter of the grill (92%). The rest of its architecture is discussed, and ethnography is used to further analyze these structures. This case study is exceptional and represents a novelty in the knowledge of Roman amphora kilns, confirming the calculations of the volumetric capacity of the firing chambers and adding value to the statistical calculations on the production capacities of the amphora-producing centres.

Keywords: Dressel 20; olive oil; socio-economic; architecture; circular economy; food system; rural.

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es, por un lado, dar a conocer la excavación en detalle de un horno cerámico productor de ánforas de aceite del valle del Guadalquivir. Su importancia se debe a la documentación de la fachada del horno derrumbada *in situ*. A continuación, evaluamos la importancia del hallazgo confrontándolo con los casi inexistentes paralelos y con algún caso etnográfico. En última instancia, nuestra intención es que este horno de El Mohíno, aunque excepcional por su estado de conservación, sirva de ejemplo para realizar con mayor rigor restituciones futuras.

Un horno cerámico romano de tipo vertical se compone de dos cámaras: abajo la de combustión, donde se genera el calor y, por encima, la cámara de cocción, donde se sitúa la carga destinada a ser cocida. La parrilla es la plataforma que separa las dos cámaras y donde se apoya la carga. El habitual soterramiento de los hornos cerámicos de época romana favorece una conservación mayor que la de los edificios habitacionales corrientes. No es raro que la cámara de combustión y, algo menos frecuentemente, la parrilla, se conserven. Son buena prueba de ello los ejemplos de los hornos de ánforas galas, en Sallèles d'Aude (Laubenheimer, 1990) o Aspiran (Mauné, 2001; Carrato, 2012), brindisinas en Giancola (Manacorda y Pallecchi, 2012), béticas en el Hospital de las Cinco Llagas (Tabales, 2003), Las Delicias (Mauné *et al.*, 2014) y el sector gaditano (Díaz y Bernal, 2017) o tarraconenses en Ca l'Arnau (Martín, 2002). Sin embargo, este relativo buen conocimiento de las cámaras de combustión, del tipo de sustento de la parrilla, de las parrillas en sí y también de las bocas de entrada (*praeefurnia*) (Cuomo di Caprio, 2007), contrasta considerablemente con el desconocimiento sobre las cámaras de cocción. La altura, el cerramiento y el apilamiento de la carga son parámetros que se restituyen en la literatura científica con un nivel de evidencia general muy escaso en comparación a la parte inferior. Por la propia fisonomía de cualquier horno, esta suele ser una parte muy visible de las restituciones, y termina ocasionando ideas preconcebidas imprecisas. La propia N. Cuomo di Caprio, en la segunda edición revisada de su célebre obra (Cuomo di Caprio, 2007, p. 524), suprime la restitución teórica de las bóvedas de los hornos de la tipología. Aunque aparecían con una clara línea discontinua en su primera edición (Cuomo di Caprio, 1985, p. 141), esas bóvedas han influido en muchas de las restituciones realizadas por los investigadores, generando cámaras de cocción poco realistas, con paredes muy delgadas y cúpulas exentas que son más bien propias de hornos de pan.

El origen del problema es que la altura conservada de la cámara de cocción es raramente mayor de 50-80 cm. En el occidente romano, uno de los ejemplos mejor conservados es el horno de São Bartolomeu de Castro Marim (Vila Real de Santo António), el primer horno romano dibujado de Portugal, que conservaba aproximadamente 1,80 m de cámara de cocción (Vasconcellos, 1898). En la Tarraconense, en el alfar de l'Hort de Pepica (Catarroja, Valencia), la cámara de cocción del horno se conservaba en 0,80 m (García Gelabert y Talavera, 2009). Cuando se trata de hornos de cerámica común, la altura conservada puede llegar a ser mayor, porque se trata normalmente de estructuras algo más pequeñas y soportan menos peso. En Córdoba, por ejemplo, los hornos de planta rectangular (3,1 × 2,6 m) del Pretorio conservaban 2 m de altura de pared de cámara de cocción (Moreno y Vargas, 2004)¹.

Para el caso de los hornos romanos de ánforas, conocer su altura es de suma importancia. El diámetro y la altura son fundamentales para conocer el volumen interno disponible, y este parámetro es necesario para calcular la capacidad de producción de los hornos (por ejemplo, Carrato *et al.*, 2018; García Vargas y Sáez Romero, 2018). Además, cuando se trata de ánforas de volumen estandarizado, las cifras que se generan se pueden traducir en producto potencialmente exportado. Su interés para la economía del mundo romano es, por lo tanto, crucial.

No existe ninguna cámara de cocción de horno cerámico romano conservada en su totalidad hasta nuestros días. Tan solo se había restituido con fiabilidad un horno, el de Via di Nocera de Pompeya (*Regio I, Insula 20*), y esto gracias a la conservación del arranque de su bóveda de cerramiento (Cerulli Irelli, 1977). En el alfar de Sallèles d'Aude se observó un fragmento de muro de fachada de horno derrumbado *in situ* que permitió suponer la altura mínima de la cámara de cocción (Laubenheimer, 1990, p. 45). No se explica cómo ha sido restituida y F. Charlier indica simplemente que se estima una altura mínima de 2,45 m (Charlier, 2011, p. 535-536), que suponemos que es lo que medían los adobes en posición horizontal.

En este trabajo presentamos un nuevo caso, esta vez para un horno de ánforas. Se trata de una batería de hornos de ánforas de aceite del yacimiento de El Mohíno (Palma del Río, Córdoba) en el valle del Guadalquivir, donde gracias al descubrimiento de la fachada del horno derrumbada *in situ*, podemos proponer una restitución de la altura original del muro perimetral que encerraba la cámara de cocción. Presentamos una propuesta de restitución arquitectónica del caso y evaluamos tanto el resultado como su significación a través de paralelos etnográficos regionales.

2. METODOLOGÍA Y RESULTADOS: LA EXCAVACIÓN DEL HORNO DEL ALFAR DE EL MOHÍNO (PALMA DEL RÍO, CÓRDOBA)

En 2018 tuvo lugar la única campaña de excavación llevada a cabo en el alfar romano de El Mohíno hasta la fecha. El yacimiento se sitúa a orillas del tramo medio del río Guadalquivir, junto a la pedanía homónima del término municipal de Palma del Río (Córdoba). A la operación arqueológica precedió una importante prospección, sobre la que se realizaron hipótesis acerca de la distribución de material (Corbeel *et al.*, 2018). Una prospección geomagnética posterior reveló dos posibles alineaciones de hornos en dos de las tres concentraciones de material identificado (González Tobar *et al.*, 2018a, p. 322). La excavación confirmó lo que resultaron ser dos baterías de cuatro hornos de ánforas cada una (Mohíno 1 al norte y Mohíno 3 al sur, véase Fig. 1). Los esfuerzos se concentraron en la apertura de cuatro trincheras transversales a cuatro de los hornos. Estas permitieron caracterizar y datar las principales fases productivas y de construcción de los edificios. Para más información sobre las fases productivas, véase González Tobar *et al.* (2018a).

En síntesis, las fases arquitectónicas son las siguientes. Primero se construyó la batería Mohíno 1 (Fig. 1, derecha). A la construcción del primer horno (n.º 2), el único con fachada en piedra, se adosaron los hornos n.º 1, 3 y 4, ya realizados en mampostería de panzas de ánfora. Esta primera batería se abandona hacia los años 60-70 d. C., mientras que 70 m al sur, se construye otra batería con similares dimensiones (Fig. 1, centro). Existen evidencias de que esta segunda batería fue contemporánea de la batería norte, pero a partir de finales del s. I d. C., sobre los antiguos hornos se volverán a edificar unos nuevos, que son los que se han conservado en estado de abandono y destrucción. Se trata de los hornos n.º 5, 6, 7 y 8. El primero, algo más grande, conforma un solo cuerpo con la fosa de acceso, mientras que los otros tres (n.º 6, 7 y 8) están soportados por un único edificio y comparten una misma fosa de acceso, que comunicaba con la del horno n.º 5 a través de un pasaje que hemos documentado. El funcionamiento de esta batería ha sido datado entre 100 y 140 d. C. (González Tobar *et al.*, 2018a, p. 331). El horno del presente estudio está en este alineamiento de hornos y tiene el n.º 8.

Si en la batería norte (Mohíno 1) se producían ánforas de los tipos Dressel 20, Haltern 70 y Dressel 2-4 (González Tobar, 2023, p. 539-540), para la batería del presente estudio (Mohíno 3), solo se producen ánforas de aceite Dressel 20 (tipo D/E y E de la tipología de S. Martin-Kilcher, 1987). En principio, por lo tanto, no contemplamos cocciones mixtas de materiales.

1 No está de más recordar que, si bien parecidos visualmente, los hornos de pan no pueden ser comparados arquitectónicamente con hornos cerámicos, aunque existan ejemplos con la cámara de cocción integralmente conservada, como el caso de Pompeya (Monteix *et al.*, 2014), o fácilmente restituible, como el caso de La Casa de Los Pájaros de *Italica* (Santiponce, España). El peso y la temperatura que deben soportar son mucho menores, resultando una arquitectura de necesidades completamente diversas de la de los hornos cerámicos.

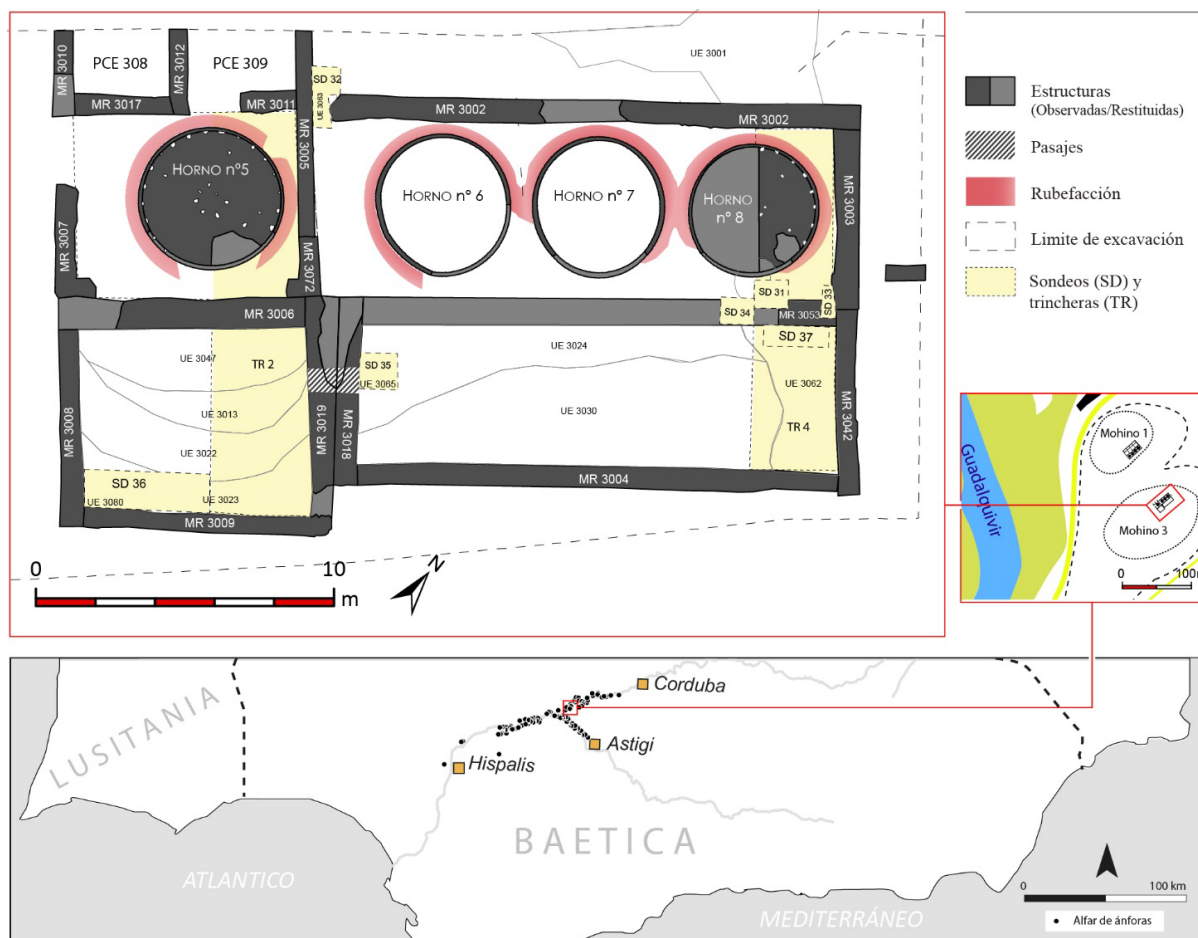


Figura 1. Localización del alfar de El Mohino y planimetría de la batería de Mohino 3 (elaborado a partir de González Tobar *et al.*, 2018a y de González Tobar, 2022. LabEx Archimède ©).

2.1. Cómo se datan las estructuras en los alfares de ánforas Dressel 20

Es importante precisar la metodología empleada para definir las fases productivas. Además de las relaciones estratigráficas murarias, las diferentes fases han sido datadas gracias al material anfórico que se halla encastrado en los muros. Las estructuras y las paredes de los alfares de ánforas del valle del Guadalquivir se construyeron generalmente con fragmentos de ánforas apilados. Se ligan a seco, o con delgadas capas de tierra o mortero de tierra. De esta forma, los desechos del propio alfar, que fueron utilizados en época romana como elemento de construcción, sirven como *terminus post quem* de gran precisión. Sobre esta técnica constructiva no existe aún un trabajo monográfico². Las panzas o galbos se trocean y se usan como mampuesto, probablemente con la ayuda de encofrados de madera. Se documenta a orillas del Guadalquivir, sobre todo en los alfares de ánforas, pero también en yacimientos cercanos y fue G. Bonsor fue el primero en documentarlos (Bonsor, 1931). Numerosos casos pueden ser observados en Desbonnets (2018), Bourgeon (2021) y González Tobar (2023).

Como apuntábamos, tan solo la fachada del horno más antiguo (n.º 1) estaba construida en piedra. Entendemos que esto es así porque aún no se habían generado descartes de cocción. El resto se construyeron con los desechos de las hornadas, dentro de un provechoso ciclo de reciclaje.

² Sí que existe sobre la gestión de residuos en general en otros tipos de alfares cerámicos. En la Bética, tenemos el caso del centro productor de *terra sigillata* de Cartuja en Granada (Sánchez y Bustamante, 2020).

2.2. Cómo se detectan y se restituyen los muros de ánforas derrumbados

La homogeneidad de esta técnica de construcción y la atenta mirada del equipo excavador pueden permitir reconocer sobre el terreno el fenómeno de destrucción de estos muros. Cuando se desploman, en ocasiones se conservan en la estratigrafía como paquetes de fragmentos de ánforas orientados homogéneamente. En origen, para construir los muros, los galbos siempre se colocan con la pared cóncava hacia abajo. De esta manera, la propia técnica constructiva permite restituir con precisión la dirección desde la cual se derrumbaron.

En la batería de hornos de Mohíno 3, reconocimos este tipo de derrumbes en la trinchera n.º 4, implantada en el horno n.º 8. Posicionamos expresamente esta trinchera con el objetivo de excavar una mitad del horno y su correspondiente fosa de acceso, en modo tal que el corte oeste de la trinchera coincidiese con una sección que atravesase la estructura por su centro y se prolongase en la fosa de acceso (Fig. 1, TR4 y Fig. 2). Este modo de proceder es una constante de nuestro equipo en la documentación de hornos cerámicos (véase, por ejemplo, Mauné *et al.* 2014).

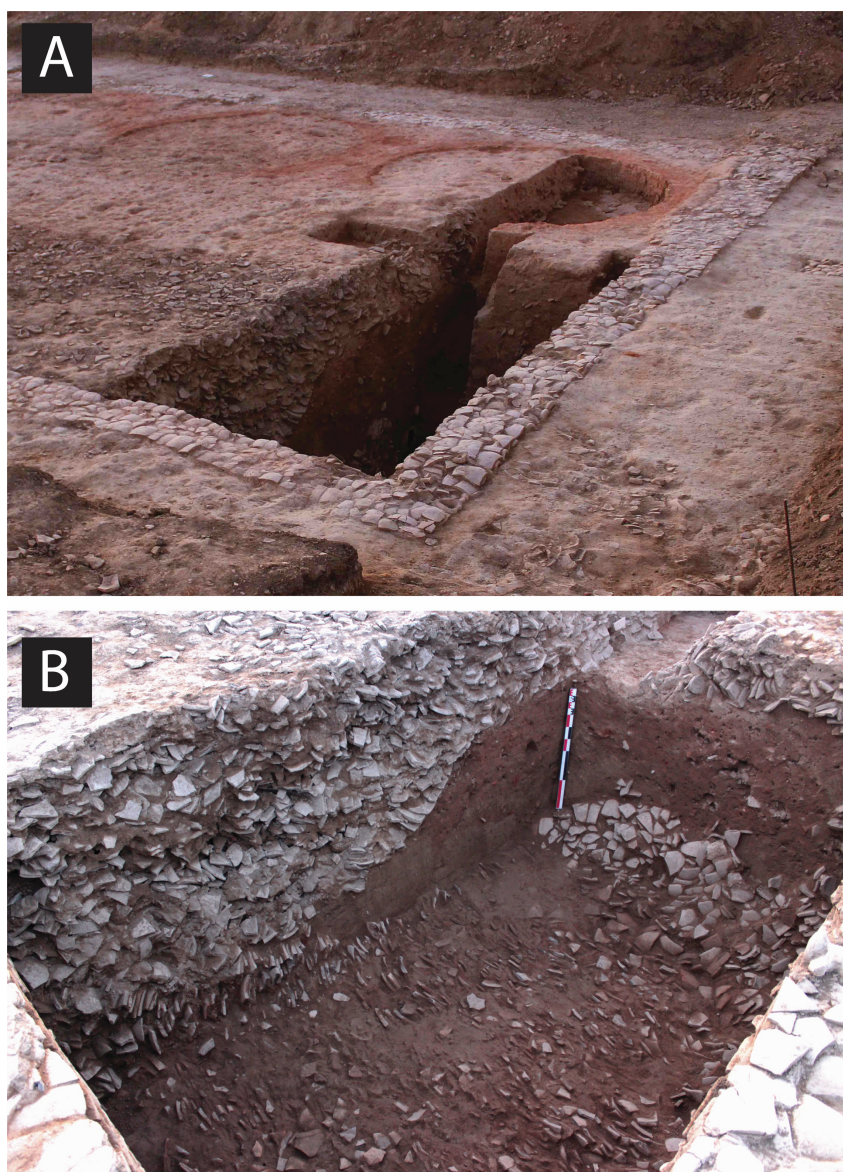


Figura 2. Dos vistas Noroeste de la trinchera del horno n.º 8:
(A) de lejos, y (B) de cerca. (fotografía I. González Tobar. LabEx Archimède ©).

Durante la excavación, se observaron varios estratos de galbos dispuestos verticalmente y orientados homogéneamente. Se trata de derrumbes de muros contruidos con esta técnica (Figs. 2 y 3), y la orientación de los fragmentos (cuyo lado cóncavo, recordamos, se coloca sistemáticamente boca abajo), permite reconocer de dónde provienen y asociarlos a muros concretos de la arquitectura circundante. En la Fig. 2B, se observa en superficie que estamos “excavando” un muro en posición horizontal. En este momento, el muro está ya en parte desmontado, razón por la que se observa tanto en superficie como en el corte. En la Tab. 1 mostramos los muros que hemos restituido con este método en la trinchera excavada.

El lienzo de muro desplomado que se ve en la Fig. 2B cubre casi todo el espacio (Tab. 1, UE 3045). Otra visión del mismo estrato en la Fig. 3. Por la orientación de los galbos, este solo puede provenir de la zona de la fachada del horno n.º 8. No nos queda ninguna duda de que se trata de la fachada desplomada de la batería de hornos contiguos (n.º 6, 7 y 8). En efecto, estos tres hornos compartían los muros perimetrales y el de fachada, como se observa en el plano de la Fig. 1.

Si este muro de fachada desplomado ocupa casi todo el sondeo, es porque en realidad se prolonga sobre el resto de la fosa de acceso de los hornos n.º 6, 7 y 8 (Fig. 1, UE 3024 y 3030). Solo de esta manera se entiende que en plano no se observase muro delantero de los hornos, como sí se identifica a la perfección en el horno adyacente, el n.º 5, con muros perimetrales individuales (Fig. 1, MR 3008). Además, si observamos las coronas rojizas por rubefacción de los hornos n.º 6, 7 y 8 (Fig. 1, círculos rojos), se advierte una interrupción en la parte sur de cada uno de ellos, lo que indica que esa parte se ha venido abajo. La fachada compartida de los tres hornos debió caer entera de una sola vez.



Figura 3. En el centro, estrato de galbos de ánforas identificado como muro de fachada desplomado (UE 3045). A la izquierda, muro en panzas de ánfora en pie (MR 3004) (fotografía I. González Tobar. LabEx Archimède ©).

	Localización	Orientación convexidad de panzas	Proveniencia del derrumbe	Estructura de origen
UE 3062	Trinchera 4, visible en corte 3S2	SO	NE	Muro lateral de la fosa de acceso (MR 3042)
UE 3045	Trinchera 4, visible en corte 3S2	SE	NO	Muro de fachada del horno 8 (MR 3053)

Tabla 1. Estratos compuestos de panzas de ánfora y correspondencias arquitectónicas de derrumbe de la trinchera n.º 4 (González Tobar *et al.*, 2018b. LabEx Archimède ©).

Una vez en el fondo de la trinchera, hemos excavado con detalle el sector del *prae-furnium*-fachada. Confirmamos que de la fachada solo queda en pie el zócalo inferior y un resquicio de altura vertical agarrada al muro lateral de la fosa de acceso. Se trata del desgarre producido durante el desplome, es decir lo que queda de la fachada. Se observa a la perfección en el lateral derecho de la fachada.

A continuación, es importante comprender qué implica que una fachada de tales dimensiones se derrumbe. Si observamos el corte estratigráfico (Fig. 4) o la foto (Fig. 2B, donde se halla el jalón), tras la fachada en posición horizontal, se observa la deposición de dos grandes estratos compuestos de tierra y casi sin inclusiones cerámicas (Fig. 4, corte, UE 3092 y 3024). Se trata de los macizos de tierra que abrazan la cámara de cocción y que rellenan la totalidad del espacio entre esta y los muros perimetrales. Es un sistema constructivo que hemos definido gracias a la excavación de El Mohino y que, por esa ausencia de inclusiones, es muy característica y reconocible.

La fachada cedió debido, en parte, a la presión posterior de estos macizos, que ya hemos visto que eran compartidos entre los hornos n.º 6, 7 y 8. Es decir, que entre los hornos no parece haber habido muros laterales de separación, tratándose de un único edificio que contiene las tres estructuras de calor. La ausencia de muros laterales entre hornos fue un elemento que mencionó J. Remesal en su somera descripción del horno de ánforas Dr. 20 del alfar de La Catria (Lora del Río, Sevilla). Según el autor, esto se explicaba porque debía formar parte de una batería de hornos (Remesal, 1977-1978, p. 96). El presente caso de estudio demuestra que la hipótesis era acertada, y que probablemente el horno de la Catria también compartía la fachada con hornos aledaños de manera que el mismo macizo terroso abrazaba la cámara de cocción de varios hornos. Otro ejemplo de esta práctica se encuentra en el alfar portugués de Abul, excavado por un equipo franco-portugués (Mayet y Silva, 2002). Como solución arquitectónica es exitosa, pues ahorra tiempo y material. En contrapartida, su resistencia es visiblemente menor.

2.3. Anastilosis virtual de la fachada del horno 8

Con el objetivo de conocer la arquitectura original del horno, proponemos a continuación restituir la posición exacta del muro de fachada del horno antes del desplome. Para ello, combinando las observaciones del corte (Fig. 4), se han tenido en cuenta la totalidad de las partes estructurales afectadas del horno (fachada, *prae-furnium*, pasillo circular y parrilla), así como las relaciones estratigráficas que permiten comprender el proceso de derrumbe. La progresión ha sido la siguiente:

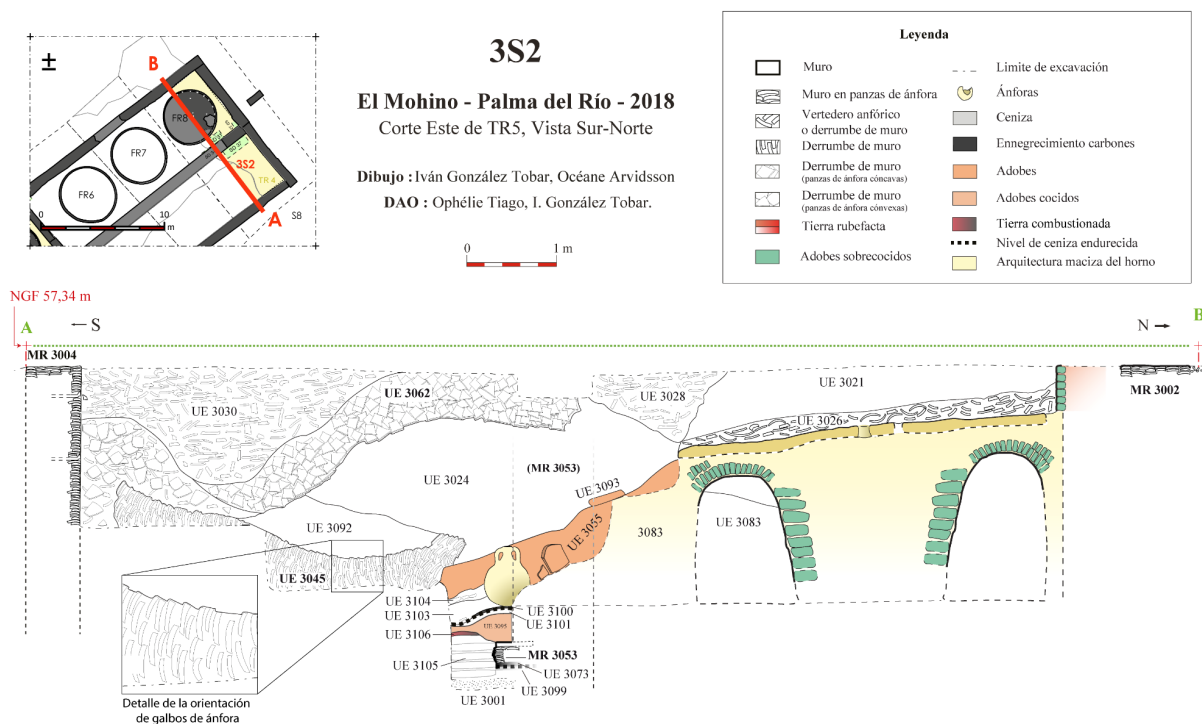


Figura 4. Corte transversal al horno n.º 8 de El Mohino (O. Arvidsson y O. Tiago-Seoane. LabEx Archimède ©).

1 - Realzamiento de la parrilla. Tanto la parrilla en su parte cercana al *prae-furnium*, como el pasillo que circunda el pilar central han sufrido un importante hundimiento (Fig. 5: n.º 1, véase el color amarillo oscuro del material “arcilla”). Para restablecer el ángulo y la altura originales de la parrilla, se usa el eje de referencia que está mejor conservado y apenas se ha movido, es decir el extremo norte de la batería. En el corte (Fig. 4, “adobes sobrecocidos”), sería el eje de los adobes verticales conservados. Para visualizar este eje, lo hemos representado gráficamente en la Fig. 5: n.º 2, en gris). Se observa un hundimiento de 5°.

2 - Realzamiento del *prae-furnium*. Al realzar la parrilla, se eleva igualmente el pasillo circular en torno al pilar central de la cámara de combustión, que debía tener lógicamente en origen la misma altura en todo su recorrido. Y de igual modo, entendemos que el *prae-furnium* debió tener la misma altura. Aunque cierto abocinamiento fuese posible, no conocemos casos bien documentados en los alfares del Guadalquivir. No es el caso al menos del otro *prae-furnium* excavado en El Mohino, el horno n.º 3 (González Tobar *et al.*, 2018b, 1S3).

En la Fig. 6, se observan algunas dovelas en adobe del *prae-furnium*. Están rehundidas, como la parrilla. La dovela más céntrica, es decir la que ha sido identificada en el corte y que tiene la misma pendiente que el rehundimiento de la parrilla, es la que ha sido utilizada como referencia para restituir el ángulo. Su anchura ha sido restituida a partir de las dovelas que se conservan *in situ* en la jamba derecha del *prae-furnium*, que miden 0,35 m (Fig. 6, izquierda).

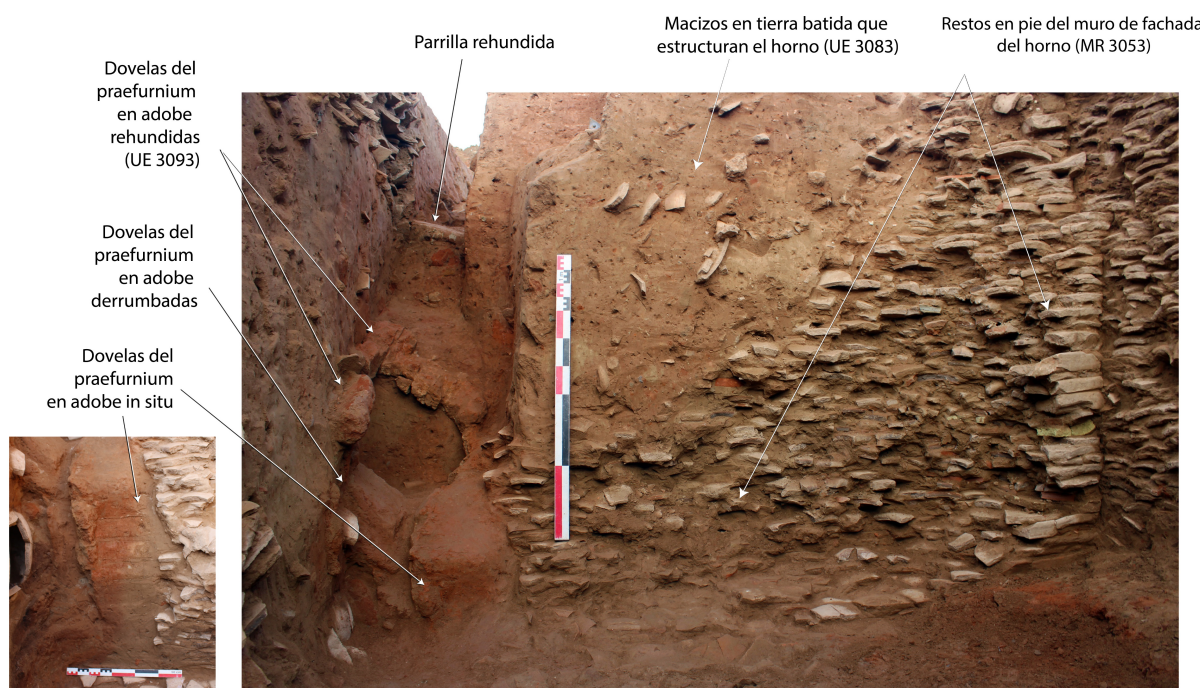


Figura 6. Vista del *prae-furnium* y de la fachada del horno n.º 8 en curso de excavación. A la izquierda, detalle de lateral del *prae-furnium* en un estado de excavación posterior, donde se observan los adobes de las jambas del interior del *prae-furnium* (fotografía I. González Tobar. LabEx Archimède ©).

- 3 Esta corresponde a los estratos que se hallaban en el fondo de la fosa de acceso en el momento del derrumbe, que en la zona donde hemos podido observarlos (a los pies de MR 3053, principalmente), se trata de acumulaciones de desechos de ánforas, lebrillos, cenizas de horno, carbones y fragmentos de adobes rubefactos, relacionados probablemente con la refacción del *prae-furnium*, que debía ser bastante común, a juzgar por las consecutivas coronas rubefactas observadas en la fachada del *prae-furnium* de otros hornos, como el horno n.º 2 de Mohino 1.

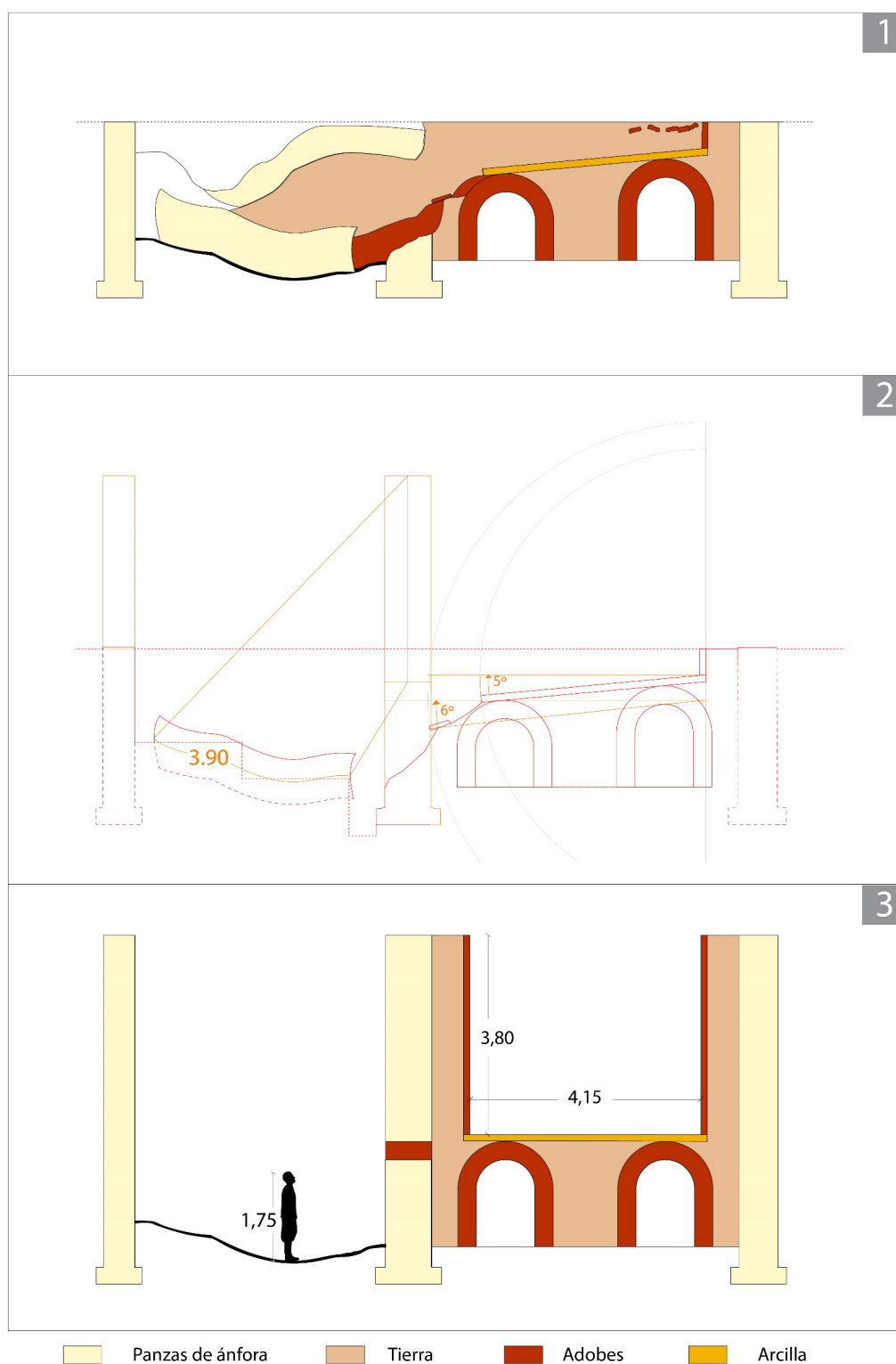


Figura 5. Anástilosis virtual de la fachada del horno n.º 8. Arriba, líneas básicas del registro arqueológico. En el centro, líneas de la propuesta reconstitutiva. Abajo, reconstitución del horno n.º 8 (imagen y cálculos J. Lucena González).

3 - Realzado del muro de fachada. Para proceder a la anastilosis virtual del muro, se han tenido en cuenta tres parámetros:

- La posibilidad de que los mampuestos (galbos de ánforas) se separen durante el choque. Es decir, que se haya producido un efecto acordeón. Los cálculos en muros en pie ofrecen un número de secciones de panzas de ánfora similar al del muro en estado de derrumbe, aproximadamente 34-36/metro lineal (Fig. 3). Por lo tanto, concluimos que el choque ha tenido un efecto nulo o casi nulo en la separación de los mampuestos. Factores causantes del escaso desparramamiento pueden ser la propia inclinación de la superficie sobre la que aterrizó³ o el hecho de que la fachada no cayó sola, sino que venía acompañada de los macizos terrizos que conforman la cámara de cocción.
- Trayectoria de desplome y medición del muro desplomado. Por la complejidad que reviste calcular el ángulo de su longitud en el corte (no se desploma con un ángulo de 90°, como podría suponerse a primera vista), lo más prudente es medir lo mejor posible el muro en posición horizontal y restituirlo sobre el nivel superior de la dovela central, ya convenientemente realzada. La longitud del estrato de muro tumbado ha sido restituida en su eje central y teniendo en cuenta las curvas de deformación ocasionadas durante el desplome (Fig. 4). Su altura *in situ* es 3,90 m (Fig. 5, n.º 2). Puesto que, en el enderezamiento de la parrilla, esta ha quedado 0,10 m por encima de la dovela central del *prae-furnium*, la altura de la cámara de cocción sería de 3,80 m (Fig. 5, n.º 3). La cima de la fachada se observa bien en el corte, a la derecha y también en el fondo de la trinchera (Fig. 2B). No parece que la fachada desplomada toque el muro 3004, por lo que, en principio, podemos considerar que se trata de la cima. Esto es lo que se observa con claridad en el corte y en plano. Aunque, evidentemente, excavar al completo la fosa de acceso sería lo ideal (no menos de 50 m³ de sedimento), la altura identificada en el resto de muros que conforman el edificio corrobora nuestra observación, como vemos a continuación.
- Altura del resto de muros del edificio. Las observaciones realizadas y los sondeos practicados (SD 33, 34, ver en Fig. 1 y en Fig. 7 A y B) permiten confirmar que debían ser tan altos como la fachada.

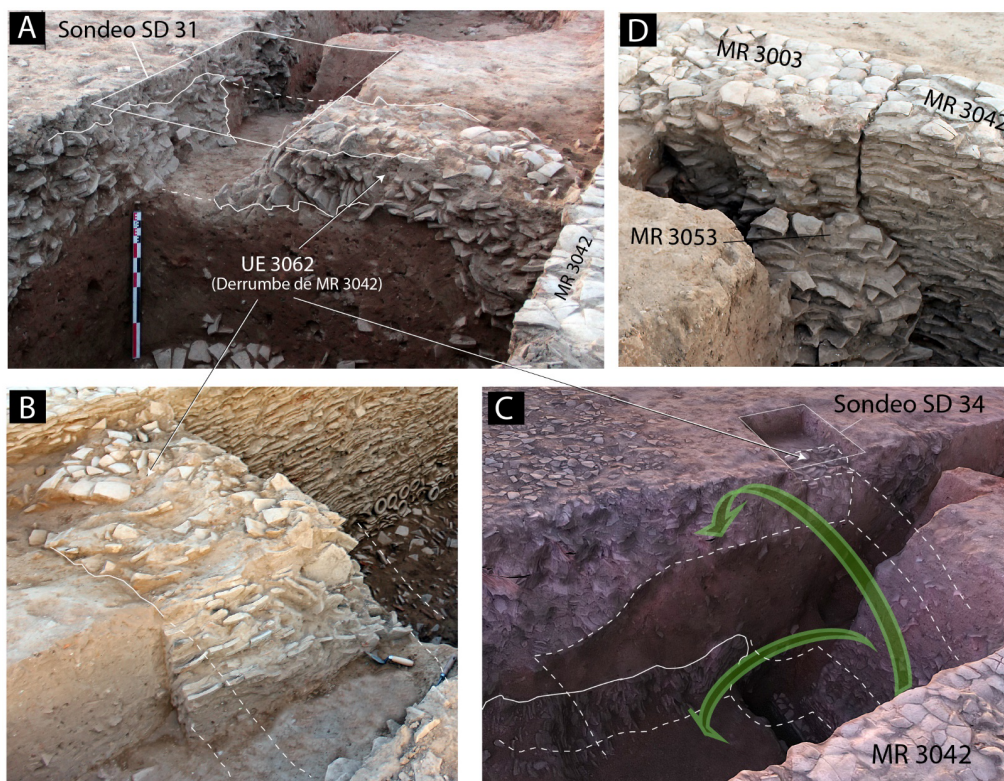


Figura 7. Diferentes vistas del espacio de transición entre el horno n.º 8 y su fosa de acceso. En la imagen C, dirección de los derrumbes detectados (fotografías I. González Tobar. LabEx Archimède ©).

En primer lugar, hemos buscado el alto del muro MR 3042 con un sondeo expresamente realizado para ello (en Fig. 7, ver MR 3042 y sondeo SD34). También se ha derrumbado y se observa en el corte (Fig. 4, UE 3062). Se ha desplomado tras los macizos de tierra que se derrumban con la fachada. La convexidad de las panzas, en dirección noroeste (Fig. 7B), no deja lugar a dudas sobre su proveniencia. El cálculo aproximado de su longitud⁴ es de 3,40 m, lo que, medido a partir del techo de muro conservado, supone una altura absoluta similar (apenas 7 cm mayor) a la obtenida para la fachada.

Por otro lado, en cuanto a los muros perimetrales de la fosa de acceso, las informaciones más relevantes están en la zona de unión entre la fachada y el muro lateral de la batería. Un corte en la construcción indica que se trata de dos tramos de muro (Fig. 1: MR 3003 y MR 3042). En la foto (Fig. 7D), se observa que el muro de fachada (MR 3053) está trabado a partes iguales entre los dos tramos. Es decir, que para que no tuviese una parte de la sección vista, los tres muros debían ascender a la misma altura, lo que confirma lo observado en el sondeo SD34.

Por último, los muros norte y lateral de la estructura circular central del horno n.º 8 debían tener una altura absoluta similar a la de la fachada, pues los tres están sosteniendo los mismos macizos que conforman la cámara de cocción.

En definitiva, es por lo tanto altamente probable que los muros perimetrales de la fosa de acceso también tuviesen alturas similares a la calculada para el muro de fachada.

Por lo tanto, tal y como se asume en la Fig. 5, n.º 3, restituir la fachada y los muros perimetrales es equivalente a restituir la cámara de cocción. No podemos estar totalmente seguros de que los macizos terrosos ascendiesen hasta el techo de muro de fachada. Quizás se terminasen a un poco menos de altura y hubiese un espacio de fachada “en el aire” por sus dos lados. En tal caso habría que imaginar una fachada igual, pero una cámara de cocción algo menor. La carga podría ser también menor, o no, si se considera que se completaba la cámara de cocción con desechos anfóricos hasta completar la altura. Este parámetro no podemos conocerlo con seguridad.

Lo que nos parece esencial de la arquitectura de estas estructuras, y que no ha sido tenido en cuenta en la mayoría de las restituciones, es que esos macizos de tierra rodean la cámara de cocción hasta su cima; son dos partes de un mismo elemento arquitectónico. Es importante entender esto para mejorar las restituciones futuras de hornos de gran tamaño. El espacio que hay entre los muros perimetrales del horno y la cámara de cocción están rellenos de tierra, tal y como puede verse en los estratos que se derrumban con la fachada. Los adobes que delimitan la cámara de cocción (Fig. 5, n.º 3, paredes verticales en rojo), son tan solo el paramento interno de este gran macizo terrizo que conforma la cámara (Fig. 8). Se trata, por lo tanto, de una estructura hexaédrica “horadada” por un cilindro. El cilindro está endurecido porque los adobes han soportado el calor del horno, pero no es un elemento arquitectónico exento, sino que se construye junto a los macizos. Esta forma constructiva favorece una mayor contención de la temperatura, de la presión y de la dilatación que ocasiona el calor. Sería por lo tanto del todo erróneo restituir la cámara de cocción como un cilindro exento de paredes delgadas. El hecho de que la tierra del interior del macizo no esté cocida ha incitado su vaciado en muchas excavaciones de hornos, confundiendo con sedimento, destruyendo así la estructura del propio horno y desvirtuando su arquitectura en las restituciones.

En torno a la cámara de cocción, gracias a esos macizos de tierra que mantenían el calor, se formaba una plataforma (más alta o más baja, como decíamos), que los alfareros podían usar, por ejemplo, para cargar el horno desde arriba, como veremos ahora (Fig. 9, abajo izq).

Por último, es preciso justificar la restitución de un perfil vertical, es decir una cámara de forma cilíndrica. El perfil de las cámaras de cocción no es vertical en todos los hornos. Existen casos muy claros en los que la parte conservada indica una forma troncocónica, lo que reduce la altura de la cámara de cocción y permite suponer más fácilmente su altura. Es el caso, por ejemplo, del horno de cerámica común del Cortijo del Río (García Vargas, Conlin Hayes y Cinta Maestre, 2013). En el caso de El Mohino, los perfiles de los dos hornos excavados en la batería de Mohino 3 se inician de manera vertical, al menos en los 50-80 cm de perfil conservado. Puesto que la fachada del horno también es vertical, en principio, por lo tanto, no hallamos razón alguna para considerar un perfil de la cámara de cocción troncocónica.

4 No conocemos el lugar a partir del cual se derrumbó, puesto que el muro se conserva íntegramente hasta el techo de la estratigrafía conservada. Si sabemos que el grado de separación de las panzas de ánfora es también escaso, por lo que no lo hemos tenido en cuenta. También disponemos, gracias a un sondeo realizado expresamente (Fig. 1, SD34; Fig. 8C), del techo original del muro.

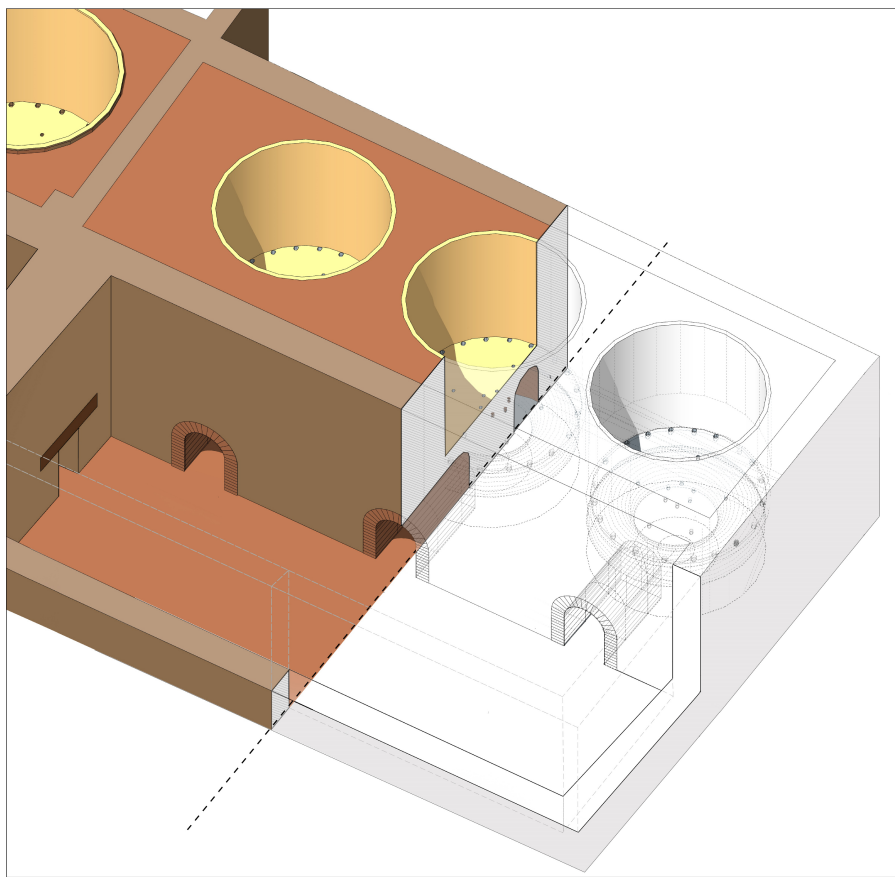


Figura 8. Perspectiva isométrica de la fosa de acceso y los hornos n.º 6, 7 y 8 de El Mohino. Restitución 3D a partir del plano y la sección de la Fig. 3. (I. González Tobar y J. Lucena González. LabEx Archimède ©).

3. DISCUSIÓN

Merece la pena detenerse a discutir los dos elementos que faltan y que coronarían el horno. Son el cerramiento de la cámara de cocción y la techumbre, asuntos sobre los que disponemos de menos testimonios. Discutimos además la inserción del caso de estudio en las propuestas de alturas de hornos romanos conocidas hasta ahora y valoramos algunos testimonios etnográficos como herramienta comparativa, incidiendo en el caso regional de la alfarería de Triana.

3.1. Cerramiento de la cámara de cocción y techumbres

El cerramiento de la cámara de cocción es un parámetro enteramente desconocido en los hornos romanos de ánforas. Solo existen paralelos de tipo etnográfico o provenientes de hornos domésticos. El recurso a la etnografía se hace inevitable, y dos son las grandes alternativas conocidas: abiertos, con un cerramiento removible en cada cocción o cerrados y fijos con una cúpula construida (en ladrillos o en *tubuli*, que son vasijas encastradas formando una bóveda) (Cuomo di Caprio, 2007). Al respecto de los hornos de tejas galorromanos, F. Charlier indica que, como las estructuras de horno moderno vertical no se distinguen mucho de las antiguas y que los cimientos conservados de estas no incitan a pensar que debieran soportar una presión vertical mayor, la hipótesis más lógica es que los antiguos también tuvieran una cubrición temporal, como la mayoría de los hornos tradicionales recientes (Charlier, 2011, p. 566-567).

Para el caso de los hornos de El Mohino, hay que destacar los siguientes puntos:

- No existe ninguna puerta de acceso a ras de parrilla, ni rastro de ella hasta la altura conservada de cámara de cocción (hasta 80 cm de alto en el horno n.º 5). Dada la envergadura de las ánforas Dr. 20 (50-60 cm de anchura), se habría requerido de puertas bastante anchas.



Figura 9. Carga, calzado, montaje de la cubrición y cubrición finalizada del horno del alfar tinajero de Torrejoncillo (Romero y Cabasa, 1999; fotogramas extraídos de Monesma, 1999).

- El material constructivo que sostiene la cámara de cocción es únicamente tierra cruda. No hay rastro de ladrillos mampuestos, ni de posibles *tubuli*.
- Sobre la parrilla, tanto del horno estudiado como del otro horno excavado, el n.º 5, fueron hallados numerosos desechos de cocción (cuellos sobre todo y otros fragmentos de ánfora). Algunos estaban anclados a la parrilla con arcilla para el sostén de las ánforas. Otros no parecían anclados, algunos con arcilla, otros sin ella. Pero todos, tanto sobre la parrilla del horno n.º 5 como del horno n.º 8, poseían similitudes (pasta, color, formas, sellos), que hacen pensar que provenían de los mismos vertederos. Es decir, que no se trata de desechos de la última cocción, sino de elementos con una función similar dentro de los cuatro hornos de la batería.

Lo más probable es que las ánforas se cargasen por arriba y que la cubrición de la cámara de cocción fuera, efectivamente, temporal. Los abundantes desechos de cocción habrían servido para calzar las ánforas, y algunos grandes y cóncavos, para cubrir a la perfección la carga del horno.

Como ejemplo etnográfico, nos parece interesante mostrar el caso de la alfarería tradicional de tinajas de Torrejoncillo (Extremadura) (Romero y Cabasa, 1999) (Fig. 9). En ella, la carga y cubrición del horno se halla muy bien documentada, permitiendo observar un caso concreto de la viabilidad de lo que proponemos. Los fragmentos cerámicos son suficientes como cubrición de la carga, y observamos además la importancia de los calzos para la estabilidad de la carga, algo que encaja también con otra posible función de los cuellos hallados en las parrillas de los hornos de El Mohíno, donde el apilamiento de las ánforas Dressel 20 podría necesitar fijaciones similares. En este caso etnográfico, los desechos están dispuestos en la cima de cámara de cocción. Así lo hemos restituido nosotros en El Mohíno (Fig. 11), pero también podrían conformar un montículo, completando en altura la cámara de cocción si esta y la plataforma de los macizos estuviera un poco más baja que la cima de la fachada.

Por último, en cuanto a la techumbre del horno, los indicios que nos informan sobre su existencia son escasos. Según F. Charlier, las techumbres eran necesarias para evitar todo tipo de humedades en la estructura, máxime si la cámara de cocción no tenía cubrición permanente (Charlier, 2011, p. 589).

En los exteriores de las baterías de El Mohíno, ningún tipo de estructura a menos de 2 m de distancia (hoyos de poste o mampostería) permite pensar que la techumbre se cimentase desde el suelo exterior al edificio de los hornos.



Figura 10. Horno tejero de Blagnac (Toulouse) (fotografía I. González Tobar).

Es de suponer, por lo tanto, que se apoyaba en la cima de los muros de la cámara de cocción y de la fosa de acceso, pues todos conforman además un único y robusto edificio cuadrangular.

Para generar un espacio aireado y dado que suponemos que las ánforas se cargaban por arriba, para poder manipularlas y hacerlas descender cómodamente, la techumbre debía estar sobreelevada. Podría sostenerse en pilares de madera, como proponemos en la restitución (Fig. 11), o en pilares en otro material. Un ejemplo de horno de gran tamaño con cubierta sostenida por pilastras de ladrillo se conserva en Toulouse (Av. du Parc, Blagnac). El horno produjo ladrillos hasta la primera mitad del s. XX y la cubierta la sostienen 8 pilastras de 1 a 2,5 m de alto (Fig. 10). De ser en duro, las de los hornos de El Mohíno podrían ser pilastras en panzas de ánfora, pero como no conocemos aún ningún pilar exento realizado con esta técnica, preferimos restituir pilares de madera.

En cuanto al material de la cubierta del tejado, en la fosa del horno n.º 5 se halló un nivel con varias *tegulae* que se perciben alineadas en el corte y que deben corresponder al derrumbe de la techumbre (González Tobar *et al.*, 2018b, corte 3S1). Para el resto, o se trataba de una techumbre vegetal—algo que no constituye un problema en lo que respecta al peligro de incendio según F. Charlier (2011, p. 602)—o bien el arrasamiento del yacimiento ha hecho desaparecer los niveles de *tegulae*.

Si en la restitución de la Fig. 8, hemos preferido no aventurarnos a proponer techumbre, reconstruyendo únicamente lo que el presente estudio nos permite proponer con seguridad, en la Fig. 11, presentamos la sección de lo que podía ser el edificio completo, con las hipótesis de cubrición y tejado en *tegulae*.

3.2. La altura de la cámara: de la literatura científica al caso etnográfico de Triana

Si nuestros cálculos son correctos, la altura de la cámara de cocción de El Mohíno resultante equivale casi (en un 92 %) al diámetro de la parrilla. Se trata de una altura mínima y rasante al techo de la fachada. La altura teórica similar al diámetro de la parrilla sería, por lo tanto, perfectamente posible.

Resulta ahora necesario preguntarse cómo podemos evaluar su importancia dentro de las propuestas de la altura de los hornos de ánforas romanos. La altura de los hornos en la literatura científica es un parámetro comúnmente restituido, aun disponiendo de escasos paralelos. La mayor parte de las restituciones de las alturas de los hornos parten de un testimonio excepcional, la altura del horno cerámico de Via di Nocera de Pompeya. La parrilla de este horno mide tan solo 1,20 m de diámetro (Cerulli Irelli, 1977). Se trata de un horno para cocer lucernas y con un cerramiento muy característico, a base de *tubuli*, es decir, vasijas encastradas que generan una bóveda con un arco cercano al medio punto. La conservación de las paredes de la cámara de cocción y del inicio de los *tubuli* que conforman la bóveda permitió calcular con mucho acierto que la cámara de cocción debía tener una altura de 1,30 m (Cerulli Irelli, 1977).

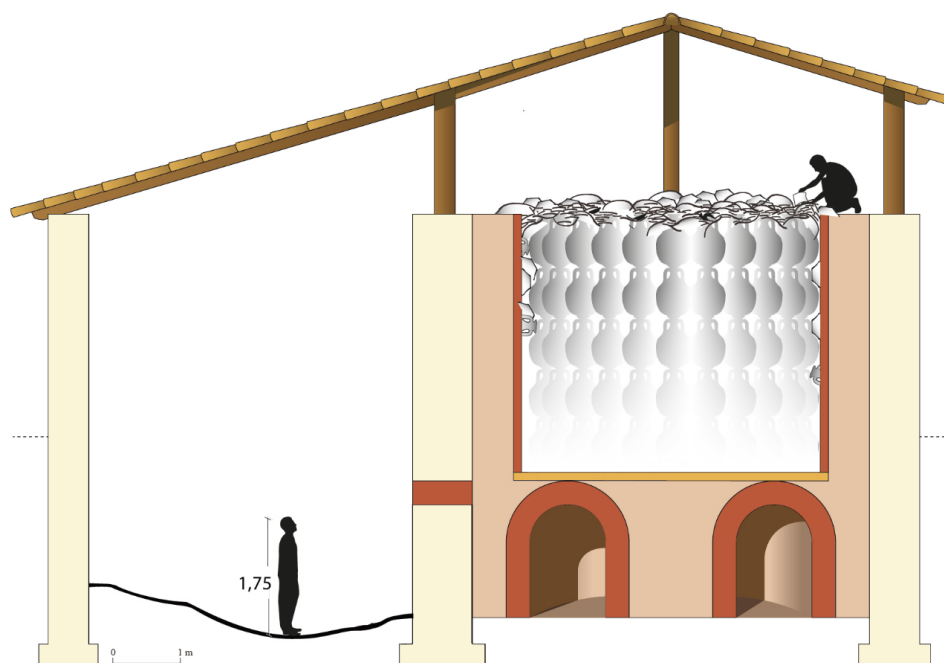


Figura 11. Restitución del perfil con la propuesta de cerramiento y las techumbres (I. González Tobar. LabEx Archimède ©).

Con posterioridad, disponemos de varios trabajos científicos que reutilizan las proporciones del horno de Pompeya para otras producciones cerámicas. Aunque sin justificar su elección, creemos que A. Vernhet en 1981 ya se basó en el caso pompeyano para proponer una proporción 1/1 del diámetro de la parrilla y la altura de la cámara de cocción del horno de la Graufesenque (Vernhet, 1981). Más tarde, N. Cuomo di Caprio (1985) aludió al caso de Via di Nocera para dar una medida de referencia, aunque indicaba también que la cámara de cocción solía ser de igual tamaño que la cámara de combustión. N. Cuomo di Caprio recoge también la publicación de un horno de la zona del Mar Negro, donde Y. Ivashenko suponía que las cámaras de cocción eran de 1 a 3 veces la cámara de combustión (Ivashenko, 1997; Cuomodì Caprio, 2007), una medida que generalmente dará lugar a cámaras de cocción muy altas.

La regla 1/1 adquirirá mayor importancia a partir de la publicación de F. Laubenheimer (1990) sobre los hornos de Sallèles d'Aude. La investigadora usó también el caso de Pompeya como ejemplo para restituir la altura de todos los hornos anfóricos de Sallèles d'Aude. En Sallèles d'Aude se hallaron *tubuli* en los niveles de relleno de uno de los hornos, el de bóveda a *tubuli*. Esta regla es la más utilizada hoy en día, habiendo sido aplicada desde entonces en varios estudios de capacidad de hornos de todo tipo (Leenhardt, 2001; Marty, 2003; Carrato, 2012; González Tobar *et al.*, 2018a; Mauné *et al.*, 2019, p. 197; Mauné y Bourgaut, 2020, p. 203-204).

Algo más alejados de esta tendencia, se hallan las propuestas de J. Remesal para el horno de la Catria (Remesal, 1977-1978), con una altura equivalente aproximadamente a las – partes del diámetro de la parrilla (Berni, 2015; Carrato *et al.*, 2018), y la restitución de los hornos de ánforas de Albinia (Olmer, Vitali y Calastri, 2001), con una proposición de altura aproximada equivalente a la mitad del diámetro máximo de la parrilla.

Lo cierto es que un horno de lucernas y con una cubrición en *tubuli* no debería haber constituido una regla generalizada para el resto de hornos cerámicos romanos. Ha sido, no obstante, la única referencia arqueológica existente. El Mohíno tampoco tiene por qué ser representativo de todos los hornos de ánforas, pero al menos se trata de un horno concebido y utilizado para la cocción de ánforas y la comunidad científica necesita modelizar este tipo de parámetros si pretende usarlos para proponer capacidades de producción. La relación parrilla/altura del horno de El Mohíno (1/0,92) se aproxima bastante a la regla 1/1 que ya ha sido utilizada y más que contradecir, podemos considerar que viene a corroborarla.

Algunos casos menos conocidos también aportan datos de interés. Durante unos sondeos en la ciudad de Arva (Alcolea del Río, Sevilla), se excavó parte de un horno de Dr. 20. No se conoce el diámetro de la parrilla, pero los excavadores observaron que la pared interna de la cámara de cocción tenía “más de 3 metros” (Remesal *et al.*, 1997, p. 167).

Mención aparte merecen algunos hornos hallados en Egipto. La cámara de cocción del horno de Kôm Dahab tiene una altura conservada de 2,5 m (Majcherek y El-Shennawi, 1992, p. 132; Dixneuf, 2011, p. 310), con una parrilla de 2,35 m, lo que supera la proporción 1/1. La cámara del horno de Tell el Haraby es aún mayor 3,6 m (Coulson y Wilkie, 1986, p. 68; Dixneuf, 2011, p. 308) aunque la parrilla también, de 5 m aproximadamente (proporción 1/0,72). Sin embargo, la arquitectura de estos hornos es diferente a la de los hornos occidentales. Poseen cámaras de cocción troncocónicas y están construidas integralmente en adobe. Son los llamados *dome-like roofs*, sin transición entre las paredes y la cubrición. Suponen un testimonio interesante de alturas de tamaño considerable, pero no sirven de comparación para la mayoría de los hornos occidentales.

Lo que sí nos interesa de este tipo de horno egipcio es que se haya mantenido vivo hasta las últimas alfarerías tradicionales locales del s. XX (Dixneuf, 2011). Conviene, en efecto, no olvidar el valor de la etnografía para el parámetro de la altura. En la literatura científica se ha mirado en ocasiones a los casos etnográficos disponibles. En 2007, N. Cuomo di Caprio indica que, según los paralelos de bóvedas de *tubuli* similares que aún se conservaban en Apulia, las cámaras de cocción eran generalmente al menos tan altas como la mayor medida de la parrilla, si no más (Cuomodì Caprio, 2007, p. 516).

La comparación etnográfica sobre este parámetro puede extenderse a decenas de trabajos en todo el mundo y analizarlos no es el propósito de este trabajo. Sin embargo, sí que creemos conveniente traer a colación el caso moderno más cercano al nuestro: los hornos cerámicos del sector alfarero de Triana (Sevilla), activo al menos entre los siglos XV y el XX (Pleguezuelo, 2017). Ciertas características hacen difícil establecer una comparación objetiva: son hornos polivalentes, con cocciones de arcilla, esmaltes y vidriados, que están contruidos con ladrillos y que presentan cámaras de cocción cerradas mampuestas y abovedadas. Sin embargo, se trata de alfarería tradicional sita en el valle del Guadalquivir, que utiliza arcillas similares y hornos también verticales circulares de llama directa cuyas dimensiones se asemejan a las de los hornos de ánforas. Y, sobre todo, la razón última por la que utilizamos este paralelo es que disponemos de un conjunto de datos métricos suficiente para analizarlo estadísticamente, lo que no sucede en otras alfarerías tradicionales regionales como La Rambla o Bailén.

La precisión de los datos que hemos recabado merece su atención (Tab. 2). Si ordenamos los hornos conocidos por el diámetro de las parrillas (Fig. 12), se percibe una tendencia clara. A medida que crece el diámetro de la parrilla, la relación entre la altura de la cámara de cocción y el diámetro de la parrilla se ve sistemáticamente reducido. No es que sean inversamente proporcionales, es que cuanto mayor es el diámetro de la parrilla, menor suele ser la altura de la cámara de cocción en proporción a esta.

Aunque el sistema constructivo de estos hornos nos impide transvasar directamente los datos a nuestro caso romano, la tendencia que revelan los datos nos parece importante. Se trata de un conjunto de proporciones vinculadas relacionadas con la termodinámica que debían tener presente los constructores de hornos en Triana. Esta, u otras reglas que se nos escapan, debían regir la construcción también en época romana.

3.3. Consideraciones finales

Si algo podemos extrapolar del caso etnográfico de Triana al caso de El Mohíno es que, en hornos de gran envergadura (4-5 m de diámetro), una cámara de cocción tan alta como el diámetro mayor de la parrilla es, desde un punto de vista constructivo, un fenómeno en cierto modo excepcional. Es decir, que con el diámetro de los de El Mohíno, en Triana no los habrían construido tan altos. ¿Cómo explicar entonces estas alturas en el alfar romano de El Mohíno? Cuatro factores nos parecen fundamentales:

- 1 - Una densidad de carga muy baja. Por su capacidad de 70 l y por su forma globular cerrada y no encastrable, las ánforas Dressel 20 constituyen una carga poco densa dentro de un horno cerámico. Si la comparamos con la cocción de ladrillos macizos, que pueden cargarse aprovechando mucho más el espacio, con el mismo volumen, una carga en ánforas es casi 10 veces más ligera⁵ que una de ladrillos (Fig. 13).
- 2 - Si la cubrición era efectivamente temporal, no había bóveda, por lo que las necesidades constructivas eran menores. Los muros perimetrales solo sostienen los macizos en tierra que mantienen la cámara de cocción.
- 3 - Una cámara de combustión sólida. El pilar central, de forma cilíndrica tiene casi 2 m de diámetro, es decir que ocupa aproximadamente una cuarta parte de la superficie total de sustento de la parrilla (3 m² de los 13 m² totales) (Fig. 13).
- 4 - El contexto histórico y socioeconómico bético de alta demanda en que se construyen los hornos de El Mohíno. De las ampliaciones constructivas observadas en el alfar (González Tobar *et al.*, 2018a), la de los hornos n.º 6, 7 y 8 es la más importante. Una ampliación de tres hornos conjuntos que casi doblan en número

la cantidad de hornos existentes y que está en funcionamiento en torno a principios del s. II d. C. Las últimas investigaciones muestran que en este periodo del fenómeno aceitero es cuando un mayor número de alfares se hallan activos, al menos en el tramo *cordubense*, de Palma del Río a Córdoba (González Tobar, 2022, Fig. 5). Es por lo tanto un momento propicio a soluciones arquitectónicas destinadas a aumentar la producción. Un ejemplo claro es la construcción de alineamientos de 3 hornos sin muros laterales entre ellos, como hemos puesto de relieve en el apartado 2.2.

N.º	Yacimiento/lugar	Altura cámara de combustión (m)	Diámetro parrilla (m)	Altura cámara de cocción (m)	Altura c. coc. proporcional a Ø parrilla (%)	Bibliografía
1	Centro Cerámica Triana (C/Callao, nº 16, Sevilla) Horno 1	1,95	4,86	2,2	45,3	Hernández y López, 2014; comunicación personal.
2	Centro Cerámica Triana (<i>ibid.</i>) Horno 2	1,95	2,3	2,2	95,7	<i>Ibid.</i>
3	Centro Cerámica Triana (<i>ibid.</i>) Horno 3	1,95	3,54	1,75	49,4	<i>Ibid.</i>
4	Centro Cerámica Triana (<i>ibid.</i>) Horno 4	1	1,8	1,8	100,0	<i>Ibid.</i>
5	Centro Cerámica Triana (<i>ibid.</i>) Horno 5	1,85	3,4	2,6	76,5	<i>Ibid.</i>
6	Centro Cerámica Triana (<i>ibid.</i>) Horno 6	1,85	4	2,6	65,0	<i>Ibid.</i>
7	Alfarería Montalván (C/Alfarería, nº 21, Sevilla) Horno 1	2,56	3,2	2,36	73,8	Comunicación personal M. Hernández Valencia.
8	Alfarería Montalván (<i>ibid.</i>) Horno 2	2,56	2,9	2,36	81,4	<i>Ibid.</i>
9	Alfarería Montalván (<i>ibid.</i>) Horno 3	2,56	2,5	2,36	94,4	<i>Ibid.</i>

Tabla 2. Medidas de los hornos circulares conservados de Triana (I. González Tobar y M. Hernández Valencia).

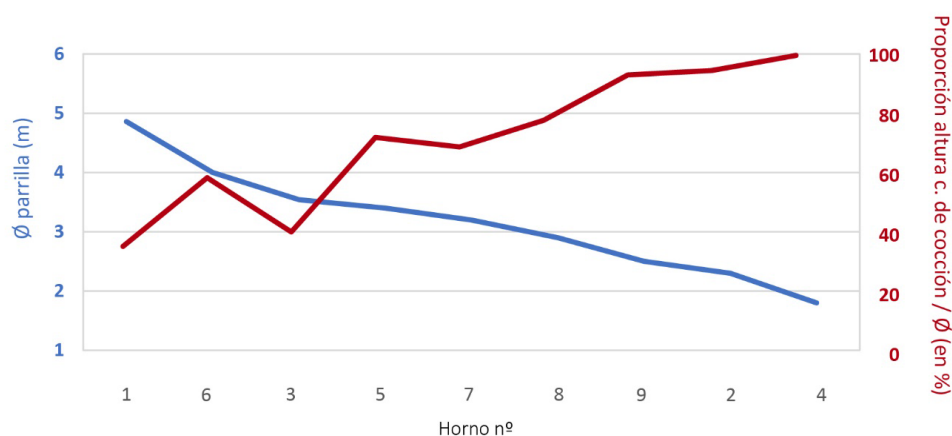


Figura 12. Hornos de Triana de la Tabla 2 ordenados por el diámetro de su parrilla. A la derecha, altura proporcional de la cámara de cocción con respecto al diámetro de la parrilla de los mismos (I. González Tobar).

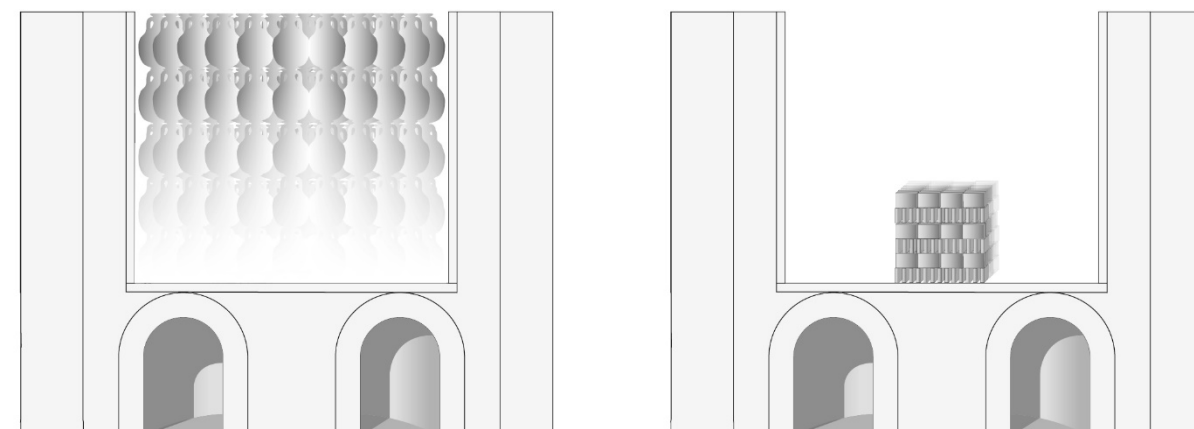


Figura 13. Aproximación volumétrica a dos cargas con el mismo peso. A la izquierda, carga de ánforas Dr. 20 (87 kg/m³). A la derecha, carga de ladrillos con intersticios de 1 ladrillo (830 kg/m³) (I. González Tobar).

CONCLUSIONES

El parámetro de la altura de la cámara de cocción constituye un elemento esencial para el cálculo de capacidades de producción. El caso estudiado ha permitido restituir un gran edificio que albergaba varios hornos destinados a la cocción de grandes cantidades de ánforas de aceite Dr. 20. La comprensión del sistema constructivo de los muros de este tipo de establecimientos alfareros ha permitido restituir con precisión los procesos de derrumbe. Se ha propuesto una restitución de la altura del horno n.º 8, que compartiría al menos con los hornos n.º 6 y 7. La cámara de cocción de estos hornos medía 3,80 m y estaba sostenida por una imponente fachada de 6 m de altura que arrancaba en la base del *praefurnium* y que podría apreciarse en su totalidad desde la fosa de acceso (Figs. 5 y 8).

Con ello se aboga, tal como se viene defendiendo en los últimos estudios monográficos sobre hornos de ánforas romanos (Mauné y Bourgaud, 2020, p. 204), por la existencia de una cámara de cocción fija, y no temporal, conformada por una estructura de mampuestos y macizos en tierra. A partir de la documentación de la excavación, de paralelos etnográficos y de la literatura científica, hemos propuesto además que la estructura tuviese una cubrición temporal que permitiese cargar el horno por arriba y que ahorrara aperturas en las espesas paredes de la cámara de cocción.

La restitución de la altura de un horno cerámico es un caso excepcional en el mundo romano occidental, junto al horno de lucernas de Via di Nocera (Cerulli Irelli, 1977), pero tratándose, por vez primera, de un horno destinado a cocer ánforas. La altura restituida casi iguala la medida del diámetro de la parrilla (al 92 %). Podemos afirmar que confirma la regla 1/1, y con ello, algunos de los cálculos de producción utilizados en el occidente romano.

Vale la pena recordar la capacidad de producción propuesta en un trabajo anterior para la batería completa de los hornos n.º 5, 6, 7 y 8 de El Mohíno (González Tobar *et al.*, 2018a, p. 333-334). La cantidad de ánforas por ciclo de cocción ascendería a 162. Considerando cifras máximas de 15 cocciones por año, la batería de cuatro hornos, en actividad simultánea en torno a finales del s. I d. C., estaría produciendo un máximo de 9.900 ánforas anuales (11.000 ánforas en total menos un 10 % de defectos de cocción). Como cada ánfora contenía unos 70 litros, el volumen anual correspondería a 693.000 litros de aceite. Considerando que una hectárea de olivar tradicional pueda generar alrededor de 202 litros de aceite al año (Zambrana, 1987; González Tobar, 2023, p. 741), podemos suponer que la producción del alfar podía cubrir las necesidades en ánforas de hasta aproximadamente 3.400 hectáreas de olivar. Aunque extensa, se trata de una ínfima parte de las más de 200.000 hectáreas de superficie del triángulo

5 Tanto nuestro cálculo, basado en los datos del conjunto anfórico de San Gervais 3 (Liou, Gassend y Roman, 1990, p. 204), como los que se extraen de los datos de la restitución de C. Carrato *et al.* (2018), ofrecen aproximadamente una densidad de carga de ánforas Dr. 20 de entre 2,9 y 3,2 ánforas/m³, lo que equivale a 87 kg/m³ aprox. En el caso de los ladrillos, la densidad calculada por nosotros mismos en ladrillos del valle del Guadalquivir es de 1,66 a 1,8 kg/l. Considerando que se colocaban de canto y dejando un intersticio del ancho de un ladrillo, es decir aprovechando un 50 % del espacio, se obtiene una densidad de carga de 830 kg/m³. En total, para alcanzar el mismo peso de carga, una cocción de ladrillos ocupa el 9,5 % del volumen que ocuparía una cocción de ánforas.

de producción de ánforas que conforman las ciudades béticas de *Astigi Corduba e Hispalis*, sin olvidar que las estructuras de producción de aceite halladas en otras zonas del interior andaluz, como *Castulo*, Jaén (Serrano, 2020), Granada (Orfila *et al.*, 2011-2012), la subbética cordobesa (Carrillo, 2011-2012) o Antequera (Romero, 1997-1998) también pudieron suministrar aceite de exportación por la vía fluvial del Guadalquivir.

La regla de restitución de la altura para hornos de ánforas de este tipo puede, en nuestra opinión, considerarse válida como aproximación estimativa estándar. No es, sin embargo, una regla absoluta y así lo demuestra, por ejemplo, el caso etnográfico de Triana. Es evidente que estas proporciones han variado en el tiempo y el espacio, e incluso dentro del propio taller, en función de las necesidades productivas, del objeto de cocción o del material constructivo utilizado. La producción de esmaltes y vidriados de Triana debió necesitar una mayor temperatura y, por lo tanto, cámaras de cocción de altura reducida. Otras características son más difícilmente evaluables, como la pericia del constructor, la relación entre altura del horno y durabilidad del mismo o la propia necesidad y ambición productivas del alfarero que emprendía la obra. En definitiva, y de cara a una evaluación global de la producción, la complejidad del asunto invita a dar solidez al factor de la altura para pasar a evaluar otros parámetros de relevancia.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos su colaboración en las labores arqueológicas a todos los que participaron durante la campaña de excavación. Además, a Juan Luis Barea por los cálculos de densidad de ladrillos. Agradecemos también a Miguel Hernández Valencia sus datos sobre los hornos de la alfarería Montalván, a Alfonso Pleguezuelo su información sobre los hornos de Triana en general y a Antonio Sáez Romero los consejos sobre el tema.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los/as autores/as de este artículo declaran no tener conflictos de intereses financieros, profesionales o personales que pudieran haber influido de manera inapropiada en este trabajo.

FUENTES DE FINANCIACIÓN

La excavación en el alfar de El Mohino fue financiada por el Lab-Ex Archimède (ANR-11-LABX-0032-01) y la Casa de Velázquez de Madrid, dentro del programa OLEASTRO (OLÉiculture et AmphoreS en Turdétanie Romaine – ANR-11-LABX-0032-01). Las autorizaciones fueron expedidas por la Delegación de Cultura en Córdoba (Junta de Andalucía – AApr 92/2017 - CB 6770).

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Iván González Tobar: conceptualización, redacción – borrador original, visualización, análisis formal.
Stéphane Mauné: revisión y edición, obtención de fondos, validación.
Enrique García Vargas: revisión y edición, administración de proyecto.
Ophélie Tiago-Seoane: investigación, análisis formal, inventario.
Océane Arvidsson: tratamiento de datos, inventario, visualización, supervisión.
Jaime Lucena González: análisis formal, software, metodología.

BIBLIOGRAFÍA

- Berni Millet, P. (2015). “Viaje en el tiempo por la producción y el comercio del aceite bético con la iconografía romana”. *Boletín Ex Officina Hispana SECAH*, 6, pp. 49-62.
- Bonsor, G. E. (1931). *The archaeological expedition along the Guadalquivir: 1889-1901*. New York: The Hispanic Society of America.
- Bourgeon, O. (2021). *La production d'amphores à huile dans la vallée du Genil (I^{er}-V^e s. ap. J.-C.). Contribution à l'histoire socio-économique de la Bétique Romaine*. Col·lecciò Instrumenta, 78. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- Carrato, C. (2012). “Le four 3 de l'atelier de potiers de Saint Bézard et ses productions (Aspiran, Hérault). Contribution à la connaissance de l'artisanat potier en Gaule Narbonnaise à la fin de l'époque augustéenne”. *Revue Archéologique de Narbonnaise*, 45, pp. 203-237. DOI: <https://doi.org/10.3406/ran.2012.1831>.
- Carrato, C., Tiago-Seoane, O., Mauné, S., García Vargas, E., Bourgeon, O. y Lanos, P. (2018). “Sobre la capacidad de carga de los hornos romanos de ánforas: balance metodológico y reflexiones a partir de un horno de Dressel 20 del alfar de Las Delicias (Écija, Sevilla)”. En: Remesal Rodríguez, J., Revilla Calvo, V. y Bermúdez Lorenzo, J.-M. (Eds.). *Cuantificar las economías antiguas. Problemas y métodos. Quantifying ancient economies: problems and methodologies*. Barcelona: Universitat de Barcelona, pp. 295-318.

- Carrillo Díaz-Pines, J. R. (2011-2012). “La producción de aceite en el interior de la Bética: la Subbética cordobesa”. En: Noguera Celdrán J. M. y Antolinos Marín, J. A. (Eds.). *De vino et oleo Hispaniae. Áreas de producción y procesos tecnológicos del vino y el aceite en la Hispania romana. Coloquio Internacional (Murcia, 5-7 de mayo de 2010)*. Murcia: Universidad de Murcia, pp. 349-381.
- Cerulli Irelli, G. (1977). “Officina di Lucerne Fittili a Pompei”. En: Annechino, M. (Ed.). *L'Instrumentum Domesticum di Ercolano e Pompei nella Prima età Imperiale*. Rome : L'Erma di Bretschneider, pp. 53-72.
- Charlier, F. (2011). *Technologie des tuiliers gallo-romains (Gaule et Germanies)*. Tesis doctoral inédita. Université de Franche-Comté.
- Corbeel, S., Desbonnets, Q., González Tobar, I. y Mauné, S. (2018). “Que compte-t-on et comment, sur les ateliers d'amphores Dr. 20 de la vallée du Guadalquivir”. En: Remesal Rodríguez, J., Revilla Calvo, V. y Bermúdez Lorenzo, J.-M. (Eds.). *Cuantificar las economías antiguas. Problemas y métodos. Quantifying ancient economies: problems and methodologies*. Barcelona: Universitat de Barcelona, pp. 281-294.
- Coulson, W. D. E. y Wilkie, N. C. (1986). “Ptolemaic and Roman Kilns in the Western Nile Delta”. *Bulletin of the American Schools of Oriental Research*, 263, pp. 61-75. DOI: <https://doi.org/10.2307/1356911>.
- Cuomo di Caprio, N. (1985). *La ceramica in archeologia. Antiche tecniche di lavorazione e moderni metodi d'indagine*. Roma: L'Erma di Bretschneider.
- Cuomo di Caprio, N. (2007). *Ceramica in archeologia 2. Antiche tecniche di lavorazione e moderni metodi d'indagine*. Roma: L'Erma di Bretschneider.
- Desbonnets, Q. (2018). *Les ateliers d'amphores à huile du conventus d'Hispalis (Séville, Espagne). Caractérisation et étude d'une zone de production de la province romaine de Bétique (I^{er} s. av. J.-C. - V^e s. ap. J.-C.)*. Tesis doctoral inédita. Université Paul-Valéry Montpellier 3.
- Díaz, J. J. y Bernal Casasola, D. (2017). “De las alfarerías de Baetica. Focos de producción, tecnología y análisis microespacial de las estructuras de producción”. En: Fabião, C., Raposo, J., Guerra, A. y Silva, F. (Coords.). *Olaria romana. Seminário internacional e Ateliê de Arqueologia Experimental*. Lisboa: UNIARQ, pp. 139-174.
- Dixneuf, D. (2011). *Amphores égyptiennes. Production, typologie, contenu et diffusion (III^e s. av. J.-C. - IX^e s. ap. J.-C.)*. Alexandrie: Centre d'études Alexandrines.
- García Vargas, E., Conlin Hayes, E. y Cinta Maestre, B. (2013). “El horno altoimperial del Cortijo del Río (Marchena, Sevilla). Tipología y producciones cerámicas”. En: Bernal, D., Juan L.-C., Busmante, M., Díaz, J.-J. y Sáez, A.-M. (Eds.). *I Congreso Internacional de la SECAH Ex Officina Hispana. Hornos, Talleres y Focos de Producción Alfarera en Hispania*. Madrid: Ex Officina Hispana, pp. 257-294.
- García Vargas, E. y Sáez Romero, A. M. (2018). “Todo el pescado vendido. Una lectura cuantitativa de la producción púnica y romana de ánforas, sal y salazones en la Bahía de Cádiz”. En: Remesal Rodríguez, J., Revilla Calvo, V. y Bermúdez Lorenzo, J. M. (Eds.). *Quantifying ancient economies: problems and methodologies*. Barcelona: Universitat de Barcelona, pp. 161-214.
- García-Gelabert M. P. y Talavera, J. (2009). “La villa rústica romana de Catarroja. Aportaciones a la pars rustica derivadas de la campaña de campo 2007-2008”. *Quaderns de Prehistòria i Arqueologia de Castelló*, 27, pp. 155-181.
- González Tobar, I. (2022). “Amphorae from Baetica. New data relevant to rural production in the Guadalquivir Valley (first century BC - fifth/sixth centuries AD)”. *Oxford Journal of Archaeology*, 41/4 pp. 447-467. DOI: <https://doi.org/10.1111/ojoa.12256>.
- González Tobar, I. (2023). *La production d'amphores à huile dans la moyenne vallée du Guadalquivir (conventus Cordubensis, Province de Bétique). Nouvelles perspectives socioéconomiques*. Col·lecciò Instrumenta, 84. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- González Tobar, I., Mauné, S., Tiago-Seoane, O., García Vargas, E. y Levêque, F. (2018a). “L'atelier d'amphores Dr. 20 et Haltern 70 d'El Mohino a Palma del Río (Province de Cordoue, Espagne) (I^{er}-II^e s. ap. J.-C.)”. En: *SFECAG, Actes du congrès de Reims*. Marseille: SFECAG, pp. 319-344.
- González Tobar, I., Mauné, S., Tiago-Seoane, O., García Vargas, E. y Levêque, F. (2018b). *Memoria final de la excavación del alfar romano del Mohino (Palma del Río, Córdoba)*. Programme Oleastro (LabEx Archimède/UMR5140 ASM - Casa de Velázquez). Delegación Territorial de Cultura de Córdoba, AApré 92/2017. Informe de excavación.
- Hernández Valencia, M. y López Martín, E. (2014). “Centro Cerámica Triana, intervención en un conjunto alfarero”. *Revista Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, 85, pp. 100-123.
- Ivaschenko, Y. (1997). “Les ateliers de céramiques du VI^e au XV^e s. au Nord de la Mer Noire: le problème de la continuité”. En : *La céramique médiévale en Méditerranée. Actes du 6e congrès, Aix-en-Provence 1995 (1997)*. Aix-en-Provence: Narrations éditions, pp. 73-85.
- Laubenheimer, F. (1990). *Sallèles d'Aude, Un complexe de potiers gallo-romains : le quartier artisanal*. Con la col. de V. Serneels y M. Perron d'Arc. Paris: DAF.
- Leenhardt, M. (2001). “L'atelier de Sallèles d'Aude, fours et bâtiments: mode d'emploi”. En: Laubenheimer, F. (Dir.). *20 ans de recherches à Sallèles d'Aude*, Paris: DAF, pp. 241-256.

- Liou, B., Gassend, J. M. y Roman, R. (1990). “L’épave Saint-Gervais 3 à Fos-sur-Mer (milieu du II^e siècle après J.-C. Inscriptions peintes sur amphores de Bétique, vestiges de la coque)”. *Archaeonautica*, 10 pp. 157-264. DOI: <https://doi.org/10.3406/nauti.1990.906>.
- Majcherek, G. y El-Shennawi, A. (1992). “Research on amphorae production on the northwestern coast of Egypt”. *Cahiers de la Céramique Égyptienne*, 3, pp. 129-136.
- Manacorda, D. y Pallecchi, S. (Eds.) (2012). *Le fornaci romane di Giancola (Brindisi)*. Bari: Edipuglia.
- Martín, M. A. (2002). “El conjunt arqueològic de Ca l’Arnau (Cabrera de Mar, Maresme). Un assentament romano-republicà”. *Tribuna d’Arqueologia*, 1998-1999, pp. 211-228.
- Martin-Kilcher, S. (1987). *Die römischen Amphoren aus Augst und Kaiseraugst Ein Beitrag zur römischen Handels- und Kulturgeschichte. 1: Die Südspanischen Ölamphoren (Gruppe I)*. Augst: Rörmuseum Augst.
- Marty, F. (2003). “L’atelier de potier gallo-romain de Sivier (Istres, Bouches-du-Rhône)”. *Revue Archéologique de Narbonnaise*, 36, pp. 259-282. DOI: <https://doi.org/10.3406/ran.2003.1124>.
- Mauné, S. (2001). “Les ateliers de potiers d’Aspiran dans l’Antiquité (I^{er}-III^{ème} s. ap. J.-C.). Bilan et perspectives”. En: Laubenheimer, F. (Dir.). *20 ans de recherches à Sallèles d’Aude*. Paris: DAF, pp. 163-198.
- Mauné, S. y Bourgaud, R. (2020). *Contours (Saint-Pargoire, Hérault). Recherches pluridisciplinaires sur un atelier d’amphores vinaires de Gaule Narbonnaise (fin du I^{er} s. av. J.-C. - début du III^e s. ap. J.-C.)*. Monographies d’Archéologie Méditerranéenne. Lattes: Association pour le développement de l’archéologie en Languedoc-Roussillon.
- Mauné, M., Desbionnets, Q., Corbeel, S., Bourgeon, O., Pellegrino, V., Dubler, C., González Tobar, I. y Roux, J.-Cl. (2019). “L’atelier d’amphores vinaires de l’Estagnola à Aspiran (Hérault, 70-120 ap. J.-C.). Étude des structures et des productions (fouille 2014/2016)”. En: Mauné, M., Bigot, F. y Corbeel, S. (Eds.). *Recherches récentes sur les ateliers de production et les amphores vinaires de Gaule Narbonnaise et de Tarraconaise, Actes de la table-ronde d’Aspiran, 24-25 mars 2016*. Dossier de la *Revue Archéologique de la Narbonnaise*, 50-51, pp. 143-208.
- Mauné, S., García Vargas, E., Bourgeon, O., Corbeel, S., Carrato, C., García Dils, S., Bigot, F. y Vázquez Paz, J. (2014). “L’atelier d’amphores à huile Dr. 20 de Las Delicias à Écija (Prov. de Séville, Espagne)”. En: *SFECAG, Actes du Congrès de Chartres (2014)*. Marseille: SFECAG, pp. 419-444.
- Mayet, F. y Silva, C. T. (2002). *L’atelier d’amphores d’Abul (Portugal)*. Paris: De Boccard.
- Monesma, E. (1999). *Los tinajeros de Torrejoncillo*. Huesca: Pyrene P. V. [Cine Documental. Depósito legal: HU-484-1999]
- Monteix, N., Aho, S., Coutelas, A. y Zanella, S. (2014). “Pompéi, Pistrina”. *Chronique des activités archéologiques de l’École française de Rome. Les cités vesuviennes*, pp. 1-22.
- Moreno Almenara, M. y Vargas Cantos, S. (2004). “Los hornos romanos de cerámicas del Viaducto del Pretorio (Córdoba)”. En: Bernal, D. y Lagóstena, L. (Eds.). *Actas del Congreso Internacional FIGLINAE BAETICAE. Talleres alfareros y producciones cerámicas en la Bética romana (ss. II a.C. - VII d.C.)*. Oxford: Archeopress, pp. 673-676.
- Olmer, F., Vitali, D. y Calastri, C. (2001). “Scavi e ricerche archeologiche ad Albinia e nel territorio (1999-2001)”. *Ocnus*, 9-10, pp. 287-298.
- Orfila, M., Maeso, C., Sánchez, E. y Moreno, S. (2011-2012). “La ocupación rural de la Vega de Granada. *Villae*, aceite y vino”. *Anales de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Murcia*, 27-28, pp. 421-429.
- Pleguezuelo Hernández, A. (2017). *Centro Cerámica Triana*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Remesal Rodríguez, J. (1977-1978). “La economía oleícola bética: nuevas formas de análisis”. *Archivo Español de Arqueología*, 50-51, pp. 87-142.
- Remesal Rodríguez, J., Revilla Calvo, V., Carreras Montfort, C. y Berni Millet, P. (1997). “Arva: prospecciones en un centro productor de ánforas Dressel 20 (Alcolea del Río, Sevilla)”. *Pyrenae*, 28, pp. 151-178.
- Romero, M. (1997-1998). “Algunas reflexiones sobre la producción de aceite en las *villae* de la comarca de Antequera”, *Mainake*, XIX-XX, pp. 115-142.
- Romero, A. y Cabasa, S. (1999). *La tinajería tradicional en la cerámica española*. Barcelona: Ediciones CEAC.
- Sánchez López, E. H. y Bustamante Álvarez, M. (2020). “La gestión de los residuos sólidos en el complejo artesanal del alfar Cartuja (Granada). Análisis del sector Beiro”. En: Velo Gala, A., Sánchez López, E. H. y Orfila Pons, M. (Eds.). *Reutilización y reciclaje: Reflexiones desde la arqueología*. Granada: Universidad de Granada, pp. 107-126.
- Serrano Peña, J. L. (2020). *Origen y desarrollo de la producción de aceite en la campiña de Jaén en época romana. Una lectura desde el territorio de Aurgi*. Jaén: Universidad de Jaén.
- Tabales Rodríguez, M. A. (2003). “El complejo alfarero localizado bajo el Parlamento de Andalucía. Arqueología y Rehabilitación en el Parlamento de Andalucía”. En: Vázquez Labourdette, A. y Tabales Rodríguez, M. A. (Eds.). *Investigaciones Arqueológicas en el Antiguo Hospital de las Cinco Llagas de Sevilla*. Sevilla: Parlamento de Andalucía, pp. 139-162.
- Vasconcellos, J. L. (1898). “Olaria luso-romana em S. Bartolomeu de Castro Marim”. *O Arqueólogo Português*, S. 1.4, pp. 329-336.
- Vernhet, A. (1981). “Un four de la Graufesenque (Aveyron): la cuisson des vases sigillés”. *Gallia*, 39.1, pp. 25-43. DOI: <https://doi.org/10.3406/galia.1981.1819>.
- Zambrana, J. F. (1987). *Crisis y modernización del olivar español. 1870-1930*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.