Munibe Monographs. Anthropology and Archaeology Series • 3 (2025) • Online First • Donostia-San Sebastián • ISSN 2530-4720 - eISSN 2530-4739

Recibido: 2025-02-26
Aceptado: 2025-06-26

Estudio multianalítico de las cerámicas neolíticas de El Portalón de Cueva Mayor (Sierra de Atapuerca, Burgos)

El Portalón de Cueva Mayorreko (Atapuerca mendilerroa, Burgos) zeramika neolitikoen azterketa multianalitikoa

Multi-analytical study of Neolithic pottery from El Portalón de Cueva Mayor (Atapuerca, Burgos)

PALABRAS CLAVE: Cerámica, Neolítico, petrología, FRX, DRX, paleomagnetismo, análisis de residuos orgánicos.
GAKO-HITZAK: Zeramika, Neolitoa, petrologia, FRX, DRX, paleomagnetismoa, hondakin organikoen analisia.
KEY WORDS: Pottery, Neolithic, petrology, XRD, XRD, paleomagnetism, organic residue analysis.

Marta Francés-Negro[1,2], Eneko Iriarte[3], Amalia Pérez-Romero[3]
Ángel Carrancho[4], Miriam Cubas[1], Alfonso Alday[5] y José Miguel Carretero[3]

RESUMEN

En este artículo se presentan los resultados obtenidos del estudio composicional de las cerámicas neolíticas del yacimiento de El Portalón (Sierra de Atapuerca, Burgos). Estos estudios se realizan desde una perspectiva interdisciplinar, que aporta información sobre materias primas y los usos de los recipientes. El yacimiento cuenta con una secuencia estratigráfica de más de 10 m de profundidad, con registros desde el Paleolítico final hasta época romana. En la ocupación neolítica, registrada en el Nivel 9 (N), se han obtenido dataciones que abarcan un periodo desde el 7270-7030 cal BP hasta 5465-5372 cal BP. Se han realizado diferentes análisis que pretenden caracterizar distintos aspectos de los recipientes cerámicos. Por un lado, la caracterización de las materias primas empleadas en su manufactura, a través del uso de la petrografía (lámina delgada), la caracterización mineralógica (difracción de Rayos X -DRX) y la geoquímica elemental (fluorescencia de Rayos X -FRX). Además, el uso de los recipientes ha sido estudiado mediante técnicas paleomagnéticas (desimanación térmica de la NRM) y el estudio de contenidos orgánicos (cromatografía de gases y espectrometría de masas de ratios isotópicos -GC-c-IRMS-). Esta información permite una significativa aproximación a la manufactura y uso de las cerámicas, así como al modo de vida de las poblaciones neolíticas.

LABURPENA

Artikulu honetan, El Portalón aztarnategiko (Atapuerca mendilerroa, Burgos) zeramika neolitikoen konposizio-azterketatik lortutako emaitzak aurkezten dira. Azterlan horiek diziplinarteko ikuspegi batetik egiten dira, eta lehengaiei eta ontzien erabilerei buruzko informazioa ematen dute. Aztarnategiak 10 m baino gehiagoko sakonera duen sekuentzia estratigrafikoa du, eta azken Paleolitotik erromatarren garaira arteko erregistroak ditu. 9. mailan (N) erregistratutako okupazio neolitikoan, 7270-7030 cal BP eta 5465-5372 cal BP arteko datazioak lortu dira. Zeramika-ontzien hainbat alderdi ezaugarritu nahi dituzten zenbait azterketa egin dira. Alde batetik, beren manufakturan erabilitako lehengaien karakterizazioa, petrografia (xafla mehea), karakterizazio mineralogikoa (X izpien difrakzioa -DRX) eta oinarrizko geokimika (X izpien fluoreszentzia -FRX) erabiliz. Gainera, ontzien erabilera teknika paleomagnetikoen bidez (NRMren desimanazio termikoa) eta eduki organikoen azterketaren bidez (gasen kromatografia eta ratio isotopikoen masa-espektrometria -GC-c-IRMS-) aztertu da. Informazio horrek aukera ematen du zeramiken manufakturara eta erabilerara hurbiltzeko, baita Neolitoko populazioen bizimodura ere.

ABSTRACT

This paper presents the results obtained from the study of Neolithic ceramics from the El Portalón site (Sierra de Atapuerca, Burgos). This research is conducted from an interdisciplinary perspective, providing information on raw materials and the use of the vessels. The site has a stratigraphic sequence over 10 meters deep, with records ranging from Late Palaeolithic to Roman period. In the Neolithic occupation, recorded in Level 9 (N), dating results range from 7270–7030 cal BP to 5465–5372 cal BP. Various analyses have been conducted to characterize different compositional aspects of the ceramic vessels. On the one hand, the characterization of raw materials used in their manufacture was carried out through petrography (thin section), mineralogical characterization (X-ray Diffraction – XRD), and elemental geochemistry (X-ray Fluorescence – XRF). Additionally, vessel use has been examined using paleomagnetic techniques (thermal demagnetization of NRM) and through the study of organic residues (Gas Chromatography and isotopic ratios mass spectrometry – GC-c-IRMS). This information provides a significant insight into the manufacture and use of ceramics, as well as the lifeway of past Neolithic populations.

[1] Área de Prehistoria. Departamento de Historia y Filosofía. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Alcalá: Marta Francés-Negro: marta.frances@uah.es, https://orcid.org/0000-0002-3960-8588; Miriam Cubas Morera: miriam.cubas@uah.es, https://orcid.org/0000-0002-2386-8473
[2] Departamento de Ciencias Jurídicas y Humanidades. Facultad de Ciencias Jurídicas, Educación y Humanidades. Universidad Europea, marta.frances@universidadeuropea.es, https://orcid.org/0000-0002-3960-8588
[3] Laboratorio de Evolución Humana. Facultad de Humanidades y Comunicación. Universidad de Burgos:
Eneko Iriarte: eiriarte@ubu.es, https://orcid.org/0000-0001-8365-5616; Amalia Pérez-Romero: apromero14@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-9283-7574; José Miguel Carretero: jmcarre@ubu.es, https://orcid.org/0000-0003-0409-8087
[4] Área de Prehistoria. Facultad de Humanidades y Comunicación. Universidad de Burgos, acarrancho@ubu.es, https://orcid.org/0000-0001-7119-6424
[5] Área de Prehistoria. Facultad de Letras. Universidad del País Vasco, a.alday@ehu.eus, https://orcid.org/0000-0002-0024-3462

https://doi.org/10.21630/mmaas.2025.3.45

(cc) BY-NC-ND

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de cerámicas arqueológicas es, por las características del material, uno de los más antiguos en la disciplina arqueológica. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos desde una perspectiva multianalítica para su estudio, abordando la caracterización de materias primas, la determinación del uso de los recipientes y la caracterización de los alimentos que fueron procesados por las comunidades neolíticas.

2. EL YACIMIENTO DE EL PORTALÓN DE CUEVA MAYOR

2.1. El portalón de Cueva Mayor

El yacimiento de El Portalón de Cueva Mayor forma parte del conjunto arqueológico de la Sierra de Atapuerca, en el norte de la península ibérica, a 15 km al este de la ciudad de Burgos (Fig. 1a). Forma parte del complejo kárstico de Cueva Mayor, siendo en la actualidad la única entrada natural al complejo kárstico. Presenta una amplia secuencia estratigráfica, con más de 10 metros de profundidad, que abarca desde el Paleolítico final hasta cronologías de época romana. Durante el Neolítico, El Portalón fue un espacio de ocupación evidenciado por la presencia de variadas estructuras domésticas, abundantes restos de fauna y una amplísima colección de materiales cerámicos y líticos (Pérez-Romero *et al.*, este número).

2.2. Materiales

El material cerámico es el resto arqueológico más abundante del yacimiento en los niveles adscritos al Neolítico, aunque su alta fragmentación dificulta la reconstrucción de formas completas o el cálculo volumétrico (Pérez-Romero *et al.*, 2016; Pérez-Romero, 2021). Para este trabajo se analizaron macroscópicamente 736 fragmentos (Francés-Negro, 2020), de los cuales el 74 % procedía de la pared del recipiente, el 20 % de bordes y los restantes a otros elementos morfológicos de los recipientes (cuello, base, etc.).

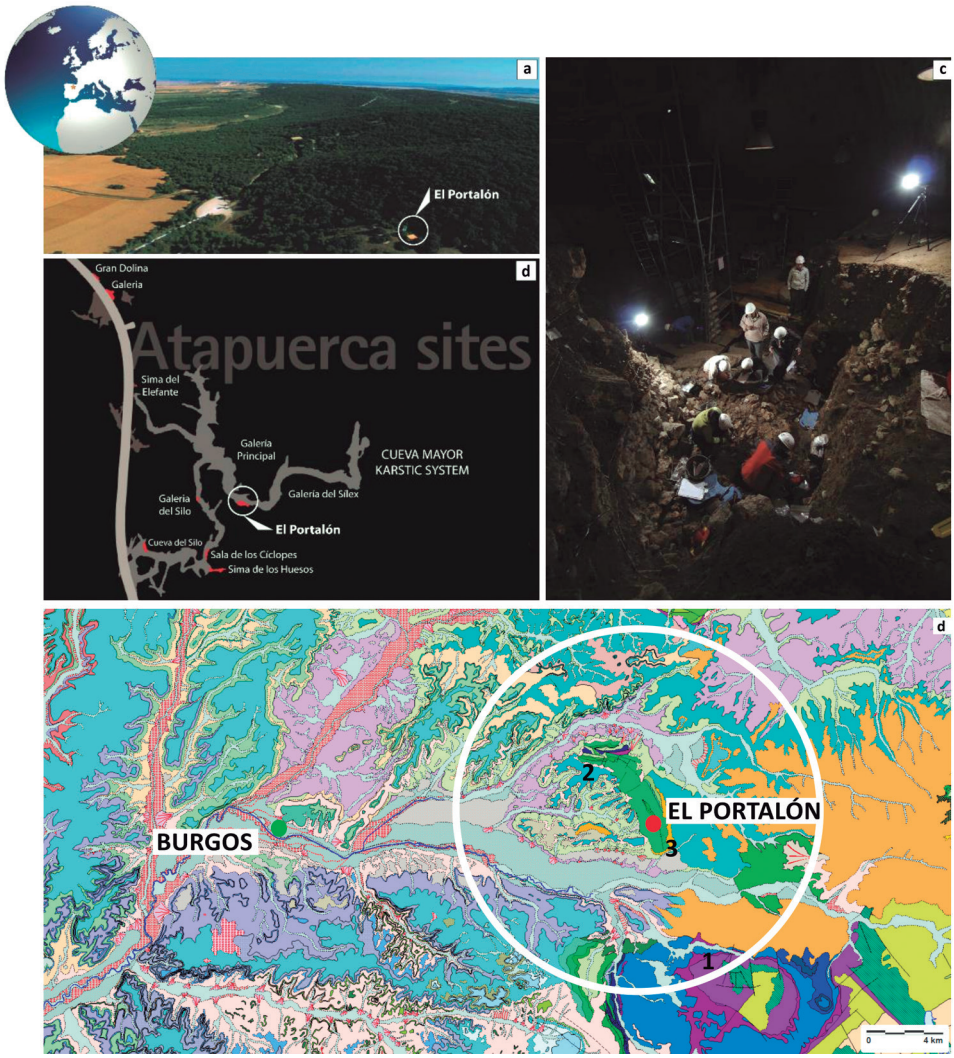

Fig. 1: (a) Localización del yacimiento de El Portalón de Cueva Mayor. (b) Mapa geológico del entorno del yacimiento con el círculo de 5 Km estimado para la provisión de materias primas (Arnold, 1985, 1989) e indicando las posibles fuentes de aprovisionamiento de materias primas. 1: Arcillas Keuper; 2: Calizas triásicas; 3: Calizas marinas cretácicas. / (a) Location of the El Portalón de Cueva Mayor archaeological site. (b) Geological map of the site's surroundings, showing a 5 km radius estimated for raw material procurement (Arnold, 1985, 1989), and indicating the potential sources. 1: Keuper clays; 2: Triassic limestone; 3: Cretaceous limestone.

Los fragmentos presentan trazas relacionadas con los distintos procesos de tratamiento superficial, con un predominio del alisado (51 %) sobre el bruñido (37 %). Las técnicas decorativas más frecuentes son la aplicación de elementos plásticos (39 %) y la impresión (35 %), seguida de incisión y combinaciones de varias técnicas. La cocción se estudió en función de la coloración del núcleo y las paredes, describiéndose mayoritariamente (72 %) una superficie homogénea en tonos negros o grises oscuros típicos de cocciones reductoras.

Se seleccionaron 23 muestras para el análisis de pastas, 16 para el estudio de las propiedades magnéticas y 21 para el análisis de residuos orgánicos. Dado que estos análisis requieren la destrucción parcial de las muestras, algunas solo pudieron emplearse en un estudio específico (Descripción de muestras para cada análisis, Material Suplementario II: Tabla 1).

3. MÉTODOS

Se aplicaron cuatro técnicas analíticas: caracterización mineralógica, caracterización geoquímica, propiedades magnéticas y análisis de residuos orgánicos. La caracterización mineralógica y geoquímica se realizó mediante el estudio de láminas delgadas y la difracción de rayos X (DRX) y fluorescencia de rayos X (FRX) en los laboratorios del CENIEH y la Universidad de Burgos, respectivamente. Estas técnicas permitieron la identificación de las materias primas y los procesos tecnológicos relacionados con la elaboración de las cerámicas (Quinn, 2013). En el estudio de propiedades magnéticas, se analizaron las partículas ferromagnéticas presentes en la pasta cerámica para reconstruir la dirección e intensidad del campo magnético terrestre (CMT), observando fenómenos de termoremanencia total (TRM) y parcial (p-TRM) resultado de los cambios térmicos durante y después de la cocción. La medición de la NRM se realizó utilizando un magnetómetro 2G SQUID del Laboratorio de Paleomagnetismo de la Universidad de Burgos. Finalmente, el análisis de residuos orgánicos, centrados en la identificación de lípidos, se llevaron a cabo en los laboratorios de la Organic Geochemistry Group de la Universidad de Bristol mediante cromatografía de gases y espectrometría de masas y caracterización isotópica de los compuestos orgánicos (GC-c-IRMS), siguiendo los protocolos de extracción descritos en la bibliografía (Evershed *et al.* 1990; Correa-Ascencio y Evershed 2014) (Descripción detallada de la metodología, Material Suplementario I).

4. RESULTADOS

4.1. Caracterización mineralógica

En base a las distintas mineralogías observadas en lámina delgada se definieron tres grupos de manufactura (GM).

Grupo de Manufactura 1 (GM1) n=20 (Fig. 2a)

Matriz: negruzca (luz polarizada plana - PPL).

Porosidad: poros de morfología alargado, entre microporos y mesoporos (entre 0,05-0,5 mm), distribuidos irregularmente.

Inclusiones no plásticas de origen natural: pequeños granos de cuarzo de tamaño limo en la matriz, con alta esfericidad a sub-redondeados.

Desgrasante: calcita cristalina de grano grueso (tamaño arena), con baja esfericidad y alta angularidad, a menudo con formas romboédricas.

Grupo de Manufactura 2 (GM2) n=2 (Fig. 2b)

Matriz: marrón-rojiza (PPL).

Porosidad: poros de morfología alargada, redondeada y de tipo vugh, tamaños variables de mesoporos a macroporos (0,5 mm a 2 mm), sin orientación preferente.

Inclusiones no plásticas de origen natural: cuarzo de tamaño limo, redondeadas y de alta esfericidad en la matriz.

Desgrasante: el cuarzo y la cuarcita en granos mono y policristalinos (tamaño promedio de 8,6 mm); inclusiones secundarias, granos de cuarzo policristalino, cuarcita o moscovita.

Grupo de Manufactura 3 (GM3) n=1 (Fig. 2c)

Matriz: marrón oscuro-rojiza (PPL).

Porosidad: macroporos de hasta 2 mm.

Inclusiones no plásticas de origen natural: cuarzo de tamaño limo, redondeadas y de alta esfericidad en la matriz.

Desgrasante: carbonatados, principalmente litoclastos de caliza (tamaño promedio de 1,1 mm, máximo de 4,7 mm).

ID	Sigla yacimiento	Fragmento	Lípidos (µg/g)	$\delta^{13}C_{16:0}$ (‰)	$\delta^{13}C_{18:0}$ (‰)	$\Delta^{13}C$ (‰)	Producto
ATA-3	ATP'17.2261	Borde	62	-27.0	-30.5	-3.5	Lácteo
ATA-5	ATP'17.2368	Pared	2050	-27.6	-29.7	-2.2	Grasa rumiante
ATA-33	ATP'17.319	Pared	41	-27.8	-27.6	0.2	Mezcla grasa rumiante y no rumiante
ATA-34	ATP'14.294	Pared	2204	-26.9	-28.6	-1.7	Grasa rumiante
ATA-35	ATP'15.557	Pared	13	-26.7	-29.0	-2.4	Grasa rumiante

Tabl. 1: Resultados de los análisis isotópicos de los residuos orgánicos identificados en los fragmentos cerámicos. Se detectan grasas animales, reflejándose su concentración de lípidos (µg lípidos por g de muestra); Ácidos grasos $C_{16:0}$ y $C_{18:0}$; $\delta^{13}C$ valores FAMEs de $\delta^{13}C_{16:0}$ (‰), $\delta^{13}C_{18:0}$ (‰), y $\Delta^{13}C$ ($\delta^{13}C_{18:0}$- $\delta^{13}C_{16:0}$) (‰) Valores isotópicos. N-Neolítico. Modificado Francés-Negro *et al.,* 2021. / Results of the isotopic analyses of organic residues identified in ceramic fragments. Animal fats were detected, with lipid concentrations expressed as µg of lipids per gram of sample. The presence of fatty acids $C_{16:0}$ and $C_{18:0}$ is noted, along with isotopic values of $\delta^{13}C$ for FAMEs: $\delta^{13}C_{16:0}$ (‰), $\delta^{13}C_{18:0}$ (‰), and $\Delta^{13}C$ ($\delta^{13}C_{18:0}$- $\delta^{13}C_{16:0}$) (‰) N = Neolithic. Modified from Francés-Negro *et al.,* 2021.

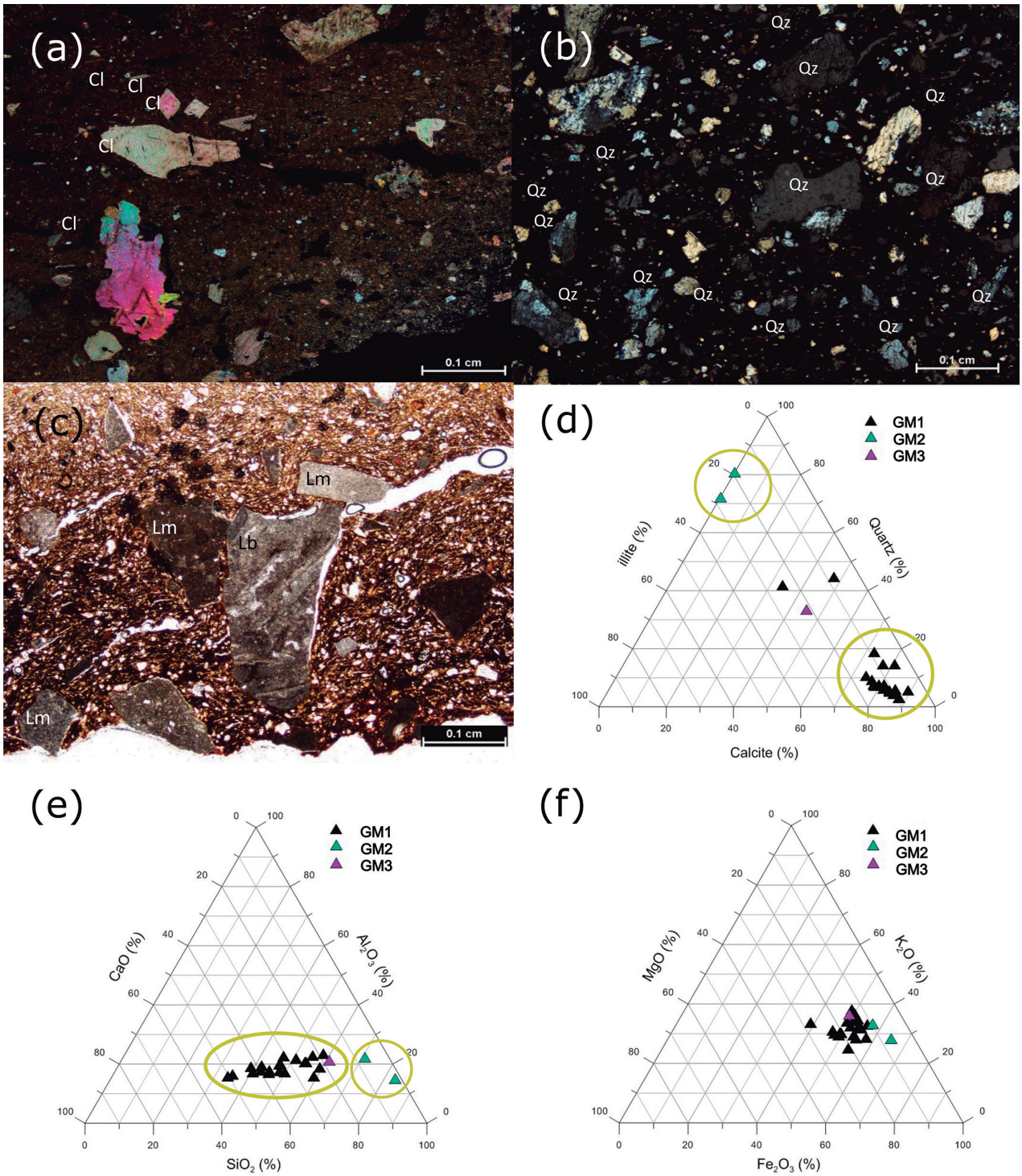

Fig. 2: Microfotografías de los grupos de manufactura. (a) Grupo de manufactura 1 (XPL): ATP15.795 (b) Grupo de Manufactura 2 (XPL): ATP15.481. (c) Grupo de Manufactura 3 (PPL): ATP15.598. (d) Diagrama ternario que representa la distribución de las muestras en función de las fases minerales mayoritarias (DRX) (Material Suplementario II). (e-f) Diagramas ternarios que representan la distribución de las muestras en función de los elementos mayoritarios medidos en los análisis geoquímicos (FRX). Cl-Calcita; Qz-Cuarzo; Lm-Caliza micrítica; Lp-Caliza peloidal-biclástica. / Microphotographs of the manufacturing groups. (a) Manufacturing Group 1 (XPL): ATP15.795; (b) Manufacturing Group 2 (XPL): ATP15.481; (c) Manufacturing Group 3 (PPL): ATP15.598. (d) Ternary diagram showing the distribution of the samples based on their mineralogical composition (XRD) (Supplementary Material II). (e–f) Ternary diagrams showing the distribution of the samples based on geochemical analyses (XRF). Cl–Calcite; Qz–Quartz; Lm–Micritic limestone; Lp–Peloidal-bioclastic limestone.

Los estudios petrológicos indican que las materias primas utilizadas en la manufactura cerámica podrían proceder de afloramientos cercanos al yacimiento (Fig. 1b). Aplicando el modelo de umbral para recursos cerámicos de Arnold (1985, 1989), se identificaron litologías compatibles con las observadas en las cerámicas en un radio de 7 km: arcillas de tipo Keuper, potencialmente utilizadas como materia prima arcillosa (Padilla Fernández y Dorado Alejos, 2017), areniscas triásicas de la formación Buntsandstein y cuarzos monocristalinos. Las cercanas terrazas fluviales del río Arlanzón contienen abundantes cantos cuarcíticos, mientras que los desgrasantes calcáreos, como los litoclastos calizos, podrían derivar de calizas marinas bioclásticas del Cretácico Superior de la Sierra de Atapuerca (GM3). En el caso de la calcita cristalina (GM1), no se detectaron afloramientos externos cercanos, aunque su presencia en la cueva en forma de espeleotemas sugiere un posible origen local.

El estudio mineralógico por DRX y elemental por FRX de los grupos de manufactura definidos petrológicamente permite conocer la variabilidad composicional (Material Suplementario II).

El análisis de DRX revela tres fases minerales dominantes: cuarzo (5-69 %), calcita (0-89 %) e illita (4-24 %), con feldespatos como accesorios. Las muestras se agrupan según la proporción de calcita y cuarzo, con un grupo intermedio de valores mixtos (Fig. 2d).

El análisis FRX muestra un predominio de SiO_2 (35-76 %), asociado a minerales silicatados, y CaO (1-37 %), vinculado a carbonatos y silicatos. Las muestras se organizan en dos grandes grupos según la cantidad de estos óxidos. Además, otros elementos como MgO, Al_2O_3 y FeO_2 se asocian principalmente con minerales arcillosos y feldespatos (Fig. 2e-f). Los resultados reflejan patrones de agrupamiento consistentes con los grupos de manufactura descritos.

4.2. Señal paleomagnética y uso de recipientes

La desimanación térmica de la NRM en las muestras reveló dos comportamientos paleomagnéticos: Tipo 1-Univectorial y Tipo 2-Multivectorial. Todas las muestras presentan una componente paleomagnética secundaria, probablemente de origen viscoso, que generalmente se anula entre 100 y 200°C (Componente "A", Fig. 3). Las muestras de Tipo 1 (Fig. 3a) se caracterizan por una única componente paleomagnética estable de alta temperatura (Componente "B", Fig. 3) que pasa por el origen. Por otro lado, las muestras de Tipo 2 (Fig. 3b) muestran una componente paleomagnética intermedia con un rango de intersección con la componente B distribuido entre 250°C y 550°C. Esta componente intermedia en los diagramas de Tipo 2 se interpreta como una termorremanencia parcial (p-TRM), cuya intersección con el componente de alta temperatura indicaría la temperatura máxima alcanzada durante su último calentamiento (posterior a la cocción de fabricación). Esta p-TRM se identificó en 11 muestras.

La distinción de dos comportamientos térmicos permite inferir el posible uso de los recipientes, dado que la presencia de p-TRM alude necesariamente a un recalentamiento de los recipientes. El comportamiento Tipo 1 (univectorial) se ha relacionado con recipientes de almacenamiento, mientras que el Tipo 2 deriva de un uso doméstico o de cocina (con exposición al fuego durante su uso). El rango de temperaturas de la p-TRM correspondería al rango de temperaturas que estos recipientes hubieran alcanzado durante su servicio.

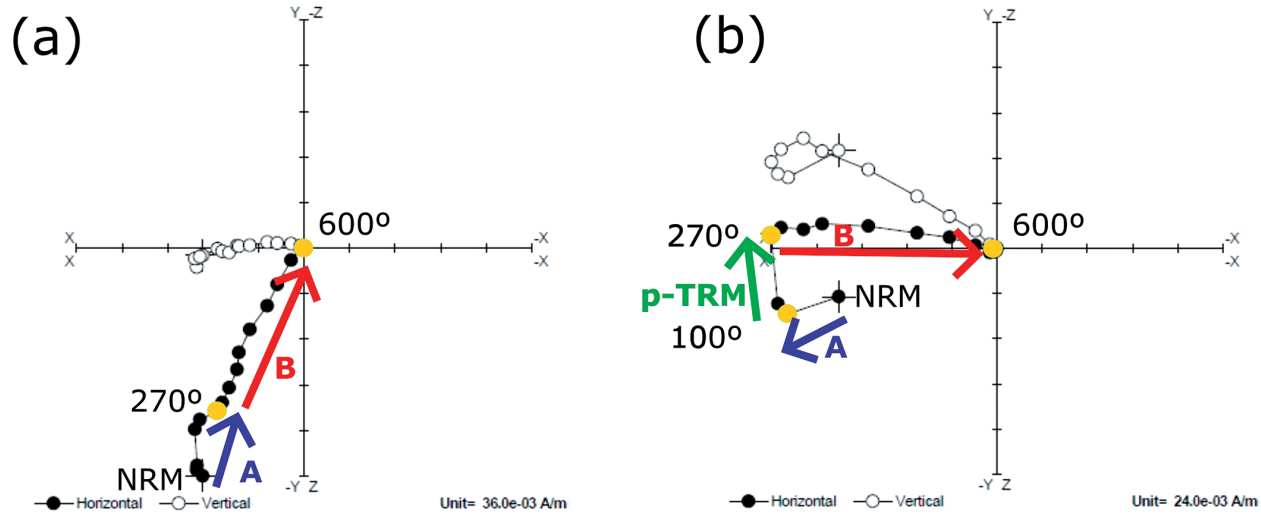

Fig. 3: Diagramas de Zigdervelt representando los dos tipos de comportamientos paleomagnéticos descritos. (a) Muestra ATP´17.2076 con comportamiento Tipo 1. (b) Muestra ATP´15.557 con comportamiento Tipo 2. A: componente de baja temperatura; p-TRM: termoremanencia parcial; B: componente de alta temperatura. / Zijderveld diagrams showing the two types of paleomagnetic behaviour identified. (a) Sample ATP'17.2076 exhibiting Type 1 behaviour. (b) Sample ATP'15.557 exhibiting Type 2 behaviour. A: low-temperature component; p-TRM: partial thermoremanence; B: high-temperature component.

4.3. Análisis de residuos orgánicos

La cuantificación se realizó mediante el método del estándar interno (Correa-Ascencio y Evershed, 2014; Mileto *et al.*, 2017). Los valores de $\Delta^{13}C$ (definidos como $\delta^{13}C_{18:0}$ - $\delta^{13}C1_{6:0}$) fueron calculados para eliminar los factores ambientales, permitiendo así resaltar las características metabólicas y biosintéticas de la fuente de grasa animal (Copley *et al.*, 2003).

De las 21 muestras analizadas, sólo 5 de ellas mostraron residuos orgánicos que se consideran válidos para su estudio, lo que supone una tasa de recuperación del 24%. Los valores de $\Delta^{13}C$ de diferentes ácidos grasos fueron identificados mediante la comparación de los tiempos de retención con los de los estándares externos empleados. Para las muestras analizadas los valores oscilaron entre -3.5 y 0.2 ‰, siendo característicos de grasas adiposas de rumiantes y no rumiantes y un único ejemplo de restos de origen lácteo.

5. DISCUSIÓN

Debido al carácter destructivo de los análisis, sólo ha sido posible desarrollar todos en tres de las muestras (Material Suplementario II: Tabla 1). La distinción térmica entre las tres muestras (una, tipo 1; dos, tipo 2) llama la atención, ya que las tres fueron descritas dentro del GM1, esto puede indicar que incluso dentro de las mismas técnicas de manufactura pudo haber diversidad funcional. Esto indicaría el uso de una misma "receta" para diferentes tipos de recipientes, lo que puede indicar especialización. Por otro lado, que la identificación de contenidos se relacione con la muestra con comportamiento paleomagnético tipo 1, puede estar relacionado con una función de almacenaje del recipiente. Por otro lado, las muestras con un comportamiento tipo 2 (que parecen haber estado expuestos repetidas veces al calor) pero sin evidencias de contenidos orgánicos, `pudieron haber tenido un uso de cocinas y que al haber alcanzado temperaturas por encima de 300º las grasas hubieran iniciado un proceso de degradación que no los hubieran hecho detectables.

5.1. Materias primas y áreas de captación

La presencia de fragmentos romboédricos de calcita cristalina como desgrasante en el GM1 puede corresponder a facies espeleotémicas del interior de la cueva. La utilización de calcita como desgrasante está ampliamente descrito en la bibliografía en diferentes zonas peninsulares (Clop, 2008, 2011; Cubas, 2013; Cubas *et al.* 2012, 2014; McClure, 2011; del Pino Curbelo *et al.*, 2021). Por otro lado, los sedimentos de las terrazas fluviales cuaternarias del río Arlanzón, derivados de la erosión de los materiales paleozoicos de la Sierra de la Demanda, presentan numerosas gravas cuarcíticas semejantes a las observadas en el GM2. En los diferentes niveles de excavación se han encontrado, a menudo, restos de cantos cuarcíticos, areniscas y pizarras que no presentan signos de haber sido trabajados ni usados como útiles, a veces fragmentados, y que podrían corresponder a restos de cantos machacados y utilizados como desgrasantes. Finalmente, las calizas marinas bioclásticas observadas en GM3 son similares a las facies marinas observadas en las calizas del Cretácico Superior de la Sierra de Atapuerca.

5.2. Usos cerámicos

La distinción de dos comportamientos térmicos discrimina entre recipientes que no se recalientan tras su fabricación, y cuya función sería el almacenamiento de productos varios, y los que son sometidos de manera recurrente al fuego, que vinculamos con actividades de cocina (Francés-Negro *et al.*, 2019). La inclusión de desgrasantes calcáreos, particularmente calcíticos, encaja bien con recipientes que se exponen al fuego, ya que su índice de expansión térmica es similar al de la arcilla y favorecen la distribución homogénea del calor, mejorando la conductividad de la pasta cerámica (Rice, 1987; Bronistky y Hamer, 1986; Rye, 1981; Tite *et al.*, 2001; Albero Santacreu y Cau Ontiveros, 2017).

La diversidad de usos de la cerámica de El Portalón se encuadra dentro de la diversidad de actividades de los grupos que lo habitaron. Pese a la ubicación del yacimiento en un ambiente de serranía, su ocupación supera a la mera utilización del espacio como un enclave estacional. Se observan en el registro arqueológico elementos que indican una ocupación más continuada como la preparación de suelos, de hogares o los perfiles de explotación de la ganadería.

5.3. Alimentación

Los análisis de contenido indican un predominio de grasas animales, consistente con la explotación ganadera en el yacimiento, donde ovicaprinos (33 %) y bovinos (27 %) fueron las especies principales (Francés-Negro *et al.*, 2021). Esta composición, junto con los perfiles de mortalidad y estrategias de explotación, sugiere un modelo económico mixto orientado a la producción de carne y leche, como ha sido documentado en otros contextos neolíticos de la península ibérica (Álvarez-Fernández *et al.*, 2014; Cubas *et al.*, 2020). Se ha propuesto que el ganado bovino tuvo un papel clave en la producción lechera, mientras que ovejas y cabras fueron aprovechadas tanto para carne como para leche, patrón también observado en el Neolítico temprano del sureste de Europa y Próximo Oriente (Evershed *et al.*, 2008). A pesar de la escasez de evidencias directas, el incremento en estudios sobre explotación láctea en la península ibérica (Martí-Oliver *et al.*, 2009; Debono-Spiteri *et al.*, 2016; Tarifa-Mateo *et al.*, 2019-2023; Cubas *et al.*, 2020; Stojanovski *et al.*, 2020; Breu *et al.*, 2021) permite avanzar en la comprensión de la expansión de la producción de lácteos en Europa, destacando el papel de la región como una de las últimas en adoptarla (García-Martínez de Lagrán, 2014; Manen *et al.*, 2018).

6. CONCLUSIONES

La cerámica neolítica de El Portalón revela el uso de desgrasantes como la calcita, cuarzo y calizas marinas, que optimizan la resistencia térmica y funcionalidad de los recipientes. A partir de la relación con las materias primas la manufactura de los recipientes parece ser de ámbito local. La diferenciación térmica sugiere una especialización en la producción cerámica, distinguiendo recipientes de almacenamiento y de cocina. Finalmente, los análisis de contenido indican un consumo predominante de grasas animales, reflejando una economía ganadera mixta orientada a la producción de carne y leche, en consonancia con patrones neolíticos europeos. Aunque la evidencia de explotación de productos lácteos en la península ibérica es aún limitada, los resultados contribuyen al conocimiento sobre la expansión de estas prácticas, una de las últimas regiones en adoptar las innovaciones neolíticas.

7. AGRADECIMIENTOS

MFN ha tenido un contrato postdoctoral Juan de la Cierva 2022 (Orden CIN/1478/2021); Ministerio de Ciencia e Innovación MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea “NextGenerationEU”/PRTR. MC desarrolla su actividad investigadora en el marco de un proyecto Ramón y Cajal (RYC2019-026697-I) financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación. AC agradece al proyecto BU037P23 de la Junta de Castilla y León y al Fondo Europeo de desarrollo regional.

Las investigaciones y análisis realizados se han hecho bajo PID2021-122355NB-C31 financiado/a por MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033 - “FEDER Una manera de hacer Europa”.

Agradecer a la Fundación Atapuerca la gestión de las excavaciones. A todo el equipo de trabajo e investigación de El Portalón, sin los que no sería posible todo este trabajo.

8. MATERIAL SUPLEMENTARIO

Este artículo cuenta con información suplementaria disponible para su consulta en el siguiente repositorio: 10.5281/zenodo.15552737 Creative Commons Attribution 4.0 International.

BIBLIOGRAFÍA

Albero Santacreu, D., Cau Ontiveros, M.A., 2017. Technological choices in hand-made indigenous pottery from western Mallorca (Balearci islands, Spain) (c. 1200-75 B.C.): an archaeometric approach. Archaeometry 59(4), 642-666. https://doi.org/10.1111/arcm.12273

Álvarez-Fernández, E., Altuna, J., Barrera Mellado, I., Cubas, M., Fernández Gómez, J., Fernández, R., Gruet, Y., Mariezkurrena, M., Ontañón, R., 2014. Évolution de l’exploitation des ressources animaux dans la région cantabrique entre 4500 et 2000 cal BC: la grotte de Los Gitanos (Cantabrie, Espagne). Comptes Rendus Palevol. 13, 307–316.

Arnold, D.E., 1985. Ceramic theory and cultural process. Cambridge University Press.

Arnold, D.E., 1989. Algunos principios para el análisis e interpretación de la pasta: aproximación inicial. En: Ravines, R., Villiger, F. (Eds.), La cerámica tradicional del Perú, 33-39. Editorial Los Pinos E.I.R.L., Lima.

Biton, R., Gorn, Y., Kigel Goring-Morris, A., 2014. Ceramics in the Levantine Pre-Pottery Neolithic B: evidence from Kfar HaHoresh, Israel. Journal of Archaeological Science 41, 740-748.

Bronitsky, G., Hamer, R., 1986. Experiments in ceramic technology: the effects of various tempering materials on impact and thermal-shock resistance. American Antiquity 51(1), 89-101.

Breu, A., Gómez-Bach, A., Heron, C., Rosell-Melé, A., Molist, M., 2021. Variation in pottery use across the Early Neolithic in the Barcelona plain. Archaeological and Anthropological Science 13, 53.

Copley, M.S., Berstan, R., Dudd, S.N., Docherty, G., Mukherjee, A.J., Straker, V., Payne, S., Evershed, R.P., 2003. Direct chemical evidence for widespread dairying in prehistoric Britain. Proceedings of the National Academy of Sciences 100(4), 1524–1529.

Correa-Ascencio, M., Evershed, R.P., 2014. High throughput screening of organic residues in archaeological potsherds using direct acidified methanol extraction. Analytical Methods 6, 1330–1340.

Clop, X., 2008. L’estudi de les ceràmiques prehistòriques des de l’arqueometria. Cota Zero 23, 25-37.

Clop García, X., 2011. Caracterización petroarqueológica de cerámicas decoradas del Neolítico antiguo de la península ibérica. Sagvtvm Extra 12, 35-53.

Cubas, M., 2013. La aparición de la tecnología cerámica en la región cantábrica. BAR S2566. Archaopress, Oxford.

Cubas, M., de Pedro, I., Arias, P., 2014a. La aparición de la tecnología cerámica en Asturias: la aportación de la cueva de Los Canes (Arangas, Cabrales). Nailos 1, 23-48.

Cubas, M., Lucquin, A., Robson, H.K., Colonese, A.C., Arias, P., Aubry, B., Billard, C., Jan, D., Diniz, M., Fernandes, R., Fábregas Valcarce, R., Germain-Vallé, C., Juhel, L., de Lombera-Hermida, A., Marcigny, C., Mazet, S., Marchand, G., Neves, C., Ontañón-Peredo, R., Rodríguez-Álvarez, X.P., Simões, T., Zilhão, J., Craig, O.E., 2020. Latitudinal gradient in dairy production with introduction of farming in Atlantic Europe. Nature Communications 11, 2036.

Debono-Spiteri, C.D., Gillis, R., Roffet-Salque, M., Castells Navarro, L., Guilaine, J., Manen, C., Muntoni, I.M., Segui, Saña, Urem-Kotsou, D., Whelton, H.L., Craig, O.E., Vigne, J.-D., Evershed, R.P., 2016. Regional synchronicity in dairy production and processing in early farming communities of the northern Mediterranean. Proceedings of the National Academy of Sciences 113(48), 13594-13599.

Evershed, R.P., Heron, C., Goad, L.J., 1990. Analysis of organic residues of archaeological origin by high-temperature gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry. Analyst 115, 1339-1342.

Fernández Martín, S., Benítez de Lugo Enrich, L., Palomares Zumajo, N., 2015. La cerámica del yacimiento arqueológico de Castillejo del Bonete (Terrinches, Ciudad real). Estudio morfológico y tecnológico. Complutum 26(1), 133-152.

Francés-Negro, M., 2020. Arqueometría, arqueomagnetismo y análisis de residuos en las cerámicas del yacimiento de El Portalón de Cueva Mayor (sierra de Atapuerca, Burgos). Tesis doctoral. Universidad de Burgos.

Francés-Negro, M., Carrancho, Á., Pérez -Romero, A., Arsuaga, J. L., Carretero, J. M., Iriarte, E., 2019. Storage or cooking pots? Inferring pottery use through archaeomagnetic assessment of palaeotemperatures. Journal of Archaeological Science 110, 104992.

Francés-Negro, M., Iriarte, E., Galindo-Pellicena, M. A., Gerbault, P., Carrancho, A., Pérez-Romero, A., Arsuaga, A., Carretero, J.M., Roffet-Salque, M., 2021. Neolithic to Bronze Age economy and animal management revealed using analyses lipid residues of pottery vessels and faunal remains at El Portalón de Cueva Mayor (Sierra de Atapuerca, Spain). Journal of Archaeological Science 131, 105380.

Galindo-Pellicena, M.A., Arsuaga, J.L., Pérez-Romero, A., Iriarte, E., de Gaspar, I., Carretero, J.M., 2020. Metrical analysis of bovine bone remains from the neolithic to the Bronze age at the El Portalón site (Atapuerca, Burgos) in the Iberian context. Quaternary International 566-567, 211-223.

García Martínez de Lagrán, Í., 2014. La neolitización de la Meseta Note y de la Alta y Media Cuenca del Ebro (España): premisas teóricas, análisis de registro y planteamiento de hipótesis. Zephyrus LXXIII, 83-107.

Manen, C., García-Martínez de Lagrán, I., López-Montalvo, E., 2018. The Neolithization of the Western Mediterranean: new debates about an old issue. Quaternary International 472, 169-171.

Martí-Oliver, B., Capel-Martínez, J., Juan-Cabanilles, J., 2009. Una forma singular de las cerámicas neolíticas de la Cova de l´Or (Beniarrés, Alicante): los vasos con asa pitorro. De Méditerranée et d'ailleurs. In: Mélanges offerts à Jean Guilaine. Archives d'Écologie Préhistorique, Toulouse.

McClure, S.B., 2011. Learning technology: cultural inheritance and Neolithic pottery production in the Alcoi Basin, Alicante, Spain. Archaeopress, Oxford.

Padilla Fernández, J.J., Dorados Alejo, A., 2017. Lo que la cerámica esconde: continuidad y cambio social a finales del Bronce y comienzos de la Edad del Hierro en el castro de las Cogotas (Cardeñosa, Ávila). Complutum 28(1), 99-129.

Pérez-Romero, A., Alday, A., Francés-Negro, M., Galindo-Pellicena, M.A., Álvarez- Fernández, A., Iriarte, E., Juez, L., Arsuaga, J.L., Carretero, J.M., 2016. La cerámica de la Edad del Bronce en el yacimiento de El Portalón de Cueva Mayor (Sierra de Atapuerca, Burgos). Munibe Antropologia-Arkeologia 67, 105-126.

Pérez-Romero, A., Iriarte, E., Galindo-Pellicena, M.A., García-González, R., Rodríguez, L., Castilla, M., Francés-Negro, M., Santos, L., Valdiosera, C., Arsuaga, J.L., Alday, A., Carretero, J.M., 2017. Un unusual pre-bell beaker age cave burial context from el Portalón de Cueva mayor site (Sierra de Atapuerca, Burgos). Quaternary International 433(A), 142-155.

del Pino Curbelo, M., Day, P.M., Soler Díaz, J.A., García Atiénzar, G., Roca de Togores Muñoz, C., 2021. Cutting down on the grog: the crystallisation of Neolithic ceramic traditions at Cova d'En Pardo (Alicante, Spain) and cultural change in the western Mediterranean basin (mid-6th and 5th millennia cal. BC). Archaeological and Anthropological Sciences 13, 11.

Quinn, P. S., 2013. Ceramic Petrography. Archaeopress, Oxford.

Rice, P.M., 1987. Pottery analysis. A sourcebook. The University of Chicago press.

Rye, O.S., 1981. Pottery Technology. Principles and reconstruction. Taraxacum, Washington.

Stojanovski, D., Roffet-Salque, M., Casanova, E., Knowles, T., Oosterbeek, L., Evershed, R.P., Cruz, A., Thissen, L., Arzarello, M., 2020. Anta 1 de Val da Laje – the first direct view at diet, dairying practice and socio-economic aspects of pottery use in the final Neolithic of central Portugal. Quaternary International 542, 1-8.

Tarifa Mateo, N., Clop García, X., Rosell Melé, A., Camalich Massieu, M.D., Comes Bordas, P., Martín-Socas, D., Nonza-Micaelli, A., Rodríguez-Santos, F.J., 2019. New insights from Neolithic pottery analyses reveal subsistence practices and pottery use in early farmers from Cueva de El Toro (Málaga, Spain). Archaeological and Anthropological Sciences 11, 5199-5211.

Tarifa-Mateo, N., Saña, M., Clop, X., Rosell-Melé, A., Camalich-Massieu, M.D., Martín-Socas, D., 2023. Investigating livestock management in the early Neolithic archaeological site of Cabecicos Negros (Almería, Spain) from the organic residue analysis in pottery. Scientific Reports 13, 4797.

Tite, M.S., Kilikoglou, V., Vekinis, G., 2001. Strength, toughness and thermal shock resistence of ancient ceramics, and their influence on technological choice. Archaeometry 43(3), 301-324.

Valente, M.J., Carvalho, A.F., 2014. Zooarchaeology in the Neolithic and Chalcolithic of southern Portugal. Environmental Archaeology 19(3), 226-240.