

**Cómo citar este artículo / How to cite this article:** Vadillo Conesa, M., Ramacciotti, M., Gallelo, G., Jardón Giner, P., Soler Mayor, B., Pastor A. y Aura Tortosa, J. E. (2024). Estudio de las huellas de uso y aplicación de análisis químicos no destructivos sobre un macroútil procedente del yacimiento de Hort de Cortés-Volcán del Faro (Cullera, València). *Lucentum*, XLIII, 9-27. <https://doi.org/10.14198/LVCENTVM.25250>

# Estudio de las huellas de uso y aplicación de análisis químicos no destructivos sobre un macroútil procedente del yacimiento de Hort de Cortés-Volcán del Faro (Cullera, València)

Study of the use-wear and application of non-destructive chemical analysis on a macro-tool from the Hort de Cortés-Volcán del Faro site (Cullera, València)

**Margarita Vadillo Conesa**, [margarita.vadillo@uv.es](mailto:margarita.vadillo@uv.es), <https://orcid.org/0000-0001-6441-4921>, Universitat de València, España  
**Mirco Ramacciotti**, [mirco.ramacciotti@uv.es](mailto:mirco.ramacciotti@uv.es), <https://orcid.org/0000-0001-8937-3134>, Universitat de València, España  
**Gianni Gallelo**, [gianni.gallelo@uv.es](mailto:gianni.gallelo@uv.es), <https://orcid.org/0000-0003-3641-8815>, Universitat de València, España  
**Paula Jardón Giner**, [paula.jardon@uv.es](mailto:paula.jardon@uv.es), <https://orcid.org/0000-0003-1542-7683>, Universitat de València, España  
**Begoña Soler Mayor**, [begonya.soler@dival.es](mailto:begonya.soler@dival.es), <https://orcid.org/0000-0003-1010-1764>, Universitat de València, España  
**Agustín Pastor**, [agustin.pastor@uv.es](mailto:agustin.pastor@uv.es), <https://orcid.org/0000-0001-9454-1999>, Universitat de València, España  
**J. Emili Aura Tortosa**, [j.emili.aura@uv.es](mailto:j.emili.aura@uv.es), <https://orcid.org/0000-0003-1074-4495>, Universitat de València, España

Recepción: 24/05/2023

Aceptación: 18/10/2023

## Resumen

Los macroútiles han sido habitualmente marginados de los estudios, debido al peso que ha tenido la industria lítica tallada para la observación de los cambios y continuidades cronológicos y culturales. Sin embargo, estos elementos aparecen en yacimientos arqueológicos asociados a diferentes contextos geográficos y cronológicos, lo cual les confiere un valor como marcadores de la adaptación y de la evolución técnica desarrollada por los grupos humanos. En este trabajo se presentan los resultados del análisis detallado de un objeto procedente del yacimiento de Hort de Cortés-Volcán del Faro (València), asociado a niveles gravetienses. La singularidad de su morfología, de la materia prima y la presencia de huellas de uso apreciables a nivel macroscópico motivaron la aplicación de diferentes metodologías de estudio sobre la pieza para su comprensión. El análisis de las huellas de uso apunta a que esta roca carbonatada fue utilizada en actividades asociadas con el tratamiento de la piel. La diferenciación de dos grupos de huellas de uso ha determinado la distinción de

## Abstract

Macro-lithic tools have usually been marginalised from studies, due to the importance that the flaked lithic industry has had for the observation of chronological and cultural changes and continuities. However, these elements appear in archaeological sites associated with different geographical and chronological contexts, which gives them value as markers of the adaptation and technical evolution developed by human groups. This paper presents the results of the detailed analysis of an object from the site of Hort de Cortés-Volcán del Faro (València), associated with Gravettian levels. The singularity of its morphology, the raw material and the presence of use-wear appreciable at a macroscopic level, motivated the application of different methodologies of study on the piece in order to understand it. The analysis of the use-wear suggests that this carbonate rock was used in activities associated with the treatment of the leather. The differentiation of two different groups of use-wear has determined the distinction of two different tasks carried out on the object. The presence of

**Financiación:** Este proyecto se ha llevado a cabo gracias a la Conselleria de Educació, Cultura y Deporte de la Generalitat Valenciana, a través de los proyectos: «Smartphone y química analítica verde» (PROMETEO 2019-056) y «The Great Deglaciation: climate change and social dynamics in the Late Palaeolithic and Mesolithic period in the Iberian Mediterranean region» (Prometeo 2022, CIPROM/2021-036). Gianni Gallelo agradece el apoyo económico de la ayuda Beatriz Galindo (2018) financiada por el Ministerio de Ciencia e Innovación y el Ministerio de Universidades de España (Proyecto BEAGAL18/00110: «Desarrollo de métodos analíticos aplicados a la arqueología») y al Ministerio de Ciencia e Innovación de España por la financiación del proyecto EvolMED «Evolutionary cultural patterns in the contexts of the neolithisation process in the Western Mediterranean» (PID2021-127731NB-C21).

Copyright: © Margarita Vadillo Conesa, Mirco Ramacciotti, Gianni Gallelo, Paula Jardón Giner, Begoña Soler Mayor, Agustín Pastor y J. Emili Aura Tortosa, 2024.



Este trabajo se comparte bajo la licencia de Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional de Creative Commons (CC BY-NC-SA 4.0): <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

dos tareas desarrolladas con el objeto. La presencia de residuos que se pueden correlacionar con el uso de la pieza se ha evaluado aplicando una aproximación multianalítica y no destructiva. Además, se han aplicado técnicas de espectroscopía atómica y molecular junto con estadística multivariante, con el objetivo de identificar la potencial fuente de materia prima. El interés de este estudio reside en la combinación de aproximaciones para el estudio de un macroútil. Todo ello ha permitido ampliar la limitada información que se tiene sobre este tipo de materiales, y abrir el debate sobre el conocimiento del nivel tecnológico alcanzado por los grupos humanos.

**Palabras clave.** Paleolítico superior; Gravetiense; región mediterránea ibérica; macroustillaje; traceología; espectroscopía; estadística multivariante; pED-XRF; DRIFT.

residues that can be correlated with the use of the piece has been evaluated by applying a multi-analytical and non-destructive approach. In addition, atomic and molecular spectroscopy techniques together with multivariate statistics have been applied in order to identify the potential source of raw material. The interest of this study lies in the combination of approaches to the study of a macro-lithic tool. All of this has allowed us to expand the limited information we have on this type of material, and to open the debate on the knowledge of the technological level reached by human groups.

**Key words.** Upper Palaeolithic; Gravettian; Iberian Mediterranean region; macro-lithic tool; use-wear analysis; spectroscopy; multivariate statistics; pED-XRF; DRIFT.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los macroútiles son objetos líticos mayormente de grano medio o grueso, que presentan una morfología que frecuentemente se corresponde con su forma natural, aunque en determinados casos se detecta una modificación previa a su utilización. El uso de elementos líticos no modificados ha sido documentado en primates no humanos, y hay estudios que observan su utilización en grupos de chimpancés en cautividad (Arroyo *et al.*, 2016), con el objetivo de establecer comparaciones con los conjuntos arqueológicos asociados con homínidos y determinar el rol de las actividades de percusión llevadas a cabo con estas piezas en la evolución humana. Todo ello pone de manifiesto el origen primitivo de estas tecnologías, que son anteriores a la aparición de la industria lítica tallada, situada en al menos 3,3 Ma (Harmand *et al.*, 2015). A partir de su uso primitivo en tareas de percusión, las tecnologías asociadas al uso de herramientas macrolíticas habrían ido evolucionando y diversificándose, asociándose a diversas tareas además de a la percusión, como actividades de abrasión, pulido, corte y molienda (Adams *et al.*, 2009). De Beaune (2000) realiza una clasificación del utillaje en piedra no tallada en función del modo de percusión que se puede asociar a las huellas visibles sobre su superficie. Establece así cuatro categorías que se asocian a la percusión lanzada, a la percusión apoyada, percusión alternativa lanzada y posada y aquellos elementos que no muestran ningún tipo de percusión.

La aproximación a la funcionalidad y tecnología relacionada con estas piezas se ha realizado tradicionalmente mediante la observación macro y microscópica de su desgaste de uso, y a través de la experimentación (Plisson, 1985; de Beaune, 1997; Dubreuil y Savage, 2014; Dubreuil *et al.*, 2015). Los residuos también han sido en ocasiones objeto de interés, y se han propuesto metodologías que incorporan su análisis (Byrne *et al.*, 2006; Buonasera, 2012; Bicho *et al.*, 2017). En los últimos años se ha observado la aplicación de diversas tecnologías sobre estas piezas, con el objetivo de

comprender los procesos de modificación superficial. Por ejemplo, el uso de la perfilometría láser UBM permitió determinar el desarrollo del desgaste por uso y los cambios en la microtopografía de los objetos (Stemp y Stemp, 2003). Asimismo, la creación de modelos 3D y los análisis espaciales tuvieron como objetivo analizar su morfometría (Caricola *et al.*, 2018). Los resultados de la aplicación de todos estos estudios revelan que los útiles macrolíticos se pueden asociar a técnicas de procesamiento aplicadas a una gran variedad de materiales y recursos, tanto inorgánicos como orgánicos. Dentro de la aplicación a procesos de trabajo relacionados con materiales inorgánicos, diferentes estudios han mostrado un uso relacionado con la talla lítica o con la explotación de recursos minerales (Caricola *et al.*, 2020). Por ejemplo, en el trabajo de Vadillo *et al.*, (2019) se observa el uso de algunas herramientas alargadas y redondeadas como percutores para la obtención de productos microlaminares. También existen evidencias de su aplicación a materiales perecederos como el cuero (Cristiani *et al.*, 2012) o recursos vegetales (Bencomo *et al.*, 2020; Zupancich *et al.*, 2019).

El objetivo de este trabajo es caracterizar un macroútil hallado en el yacimiento paleolítico de Hort de Cortés-Volcán del Faro (HC-VF) (Cullera, València) en base a la observación de las huellas de uso, la materia prima y su procedencia. El objeto estudiado muestra una intensa modificación respecto a su morfología original lo cual es poco frecuente. La presencia de un importante desgaste de uso y las peculiares dimensiones y morfología, sin parangón en el área mediterránea de la península ibérica, confieren al objeto una singularidad que ha motivado su análisis pormenorizado. Para obtener la máxima información sobre este objeto, se ha aplicado un estudio multidisciplinar mediante una metodología que combina el análisis de las huellas de uso y la caracterización química. El residuo rojo encontrado en la superficie del artefacto se ha considerado como posible resto de un pigmento. Para su análisis y para la evaluación de la posible procedencia de la materia prima se han empleado técnicas de análisis no

destructivas y portátiles como la fluorescencia de rayos X de energía dispersiva (pED-XRF) y la espectroscopía infrarroja de reflectancia difusa por transformada de Fourier (DRIFT), seguidas de un tratamiento estadístico de los datos.

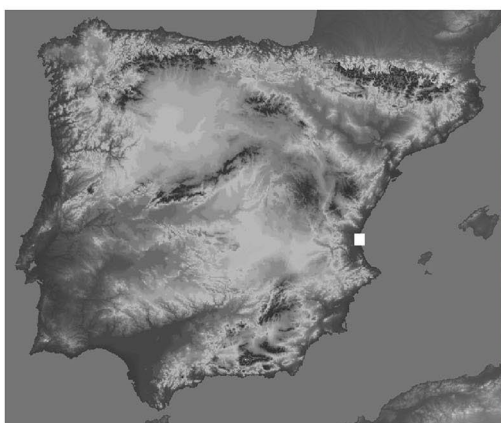
## 2. EL YACIMIENTO DE HORT DE CORTÉS-VOLCÁN DEL FARO (HC-VF)

El yacimiento arqueológico de HC-VF (Cullera, València) se eleva 122 m sobre el nivel del mar y se localiza a unos 500 m de la actual costa mediterránea (Fig. 1). Se trata, por tanto, de un lugar muy próximo a la actual línea de costa, situado en una llanura aluvial profundamente modificada por la última transgresión del nivel de las aguas marinas. Está asociada a una dolina en una cuenca rellena de grandes bloques de caliza caídos. Desde finales de los años sesenta, el entorno inmediato sufrió un fuerte desarrollo urbanístico, que ha afectado al interior de la dolina. Tras la primera prospección arqueológica realizada en 1968 (Sector Norte), se llevaron a cabo trece campañas de

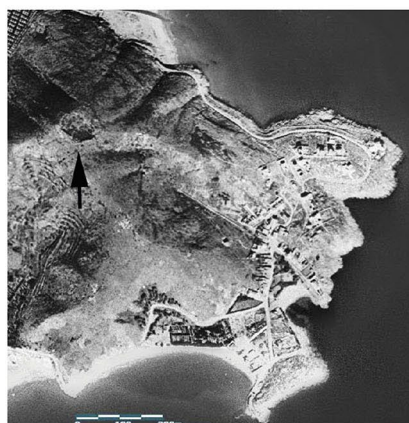
excavación entre los años sesenta y ochenta (Sector A). La intervención en el Sector A se llevó a cabo en una amplia zona y el sedimento removido durante estas campañas asciende a varios centenares de metros cúbicos (Aparicio, 2003).

La secuencia arqueológica del Sector A, que es de donde procede la pieza analizada, ha sido revisada recientemente, a partir de los datos del informe de excavación y del estudio de las industrias líticas y óseas. Esta relectura de la secuencia sugiere la presencia de un Gravetiense con industrias laminares con puntas de dorso en las fases más tempranas (Aura *et al.*, 2020), seguido de un Solutrense con puntas de cara plana, puntas bifaciales y puntas escotadas. También se ha reconocido un Badeguliense, caracterizado por una talla para obtener lascas y por la presencia de tipos característicos de este periodo, como las *raclettes*. Por encima de estas industrias aparece un Magdaleniense, caracterizado por triángulos escalenos y armaduras de dorso con una industria ósea compuesta por puntas de hueso y un arpón (Fortea, 1973; Aura, 1995).

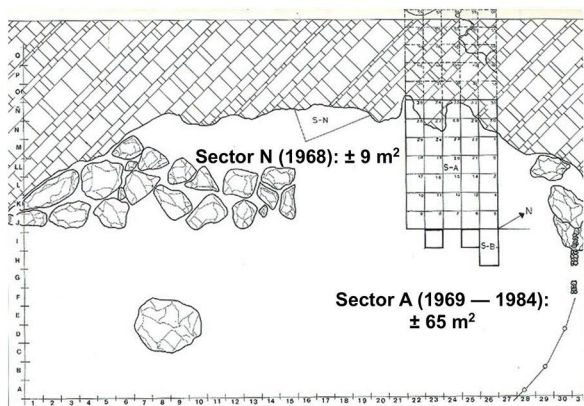
La pieza que analizamos en este trabajo fue recuperada en la capa 26 del cuadro 22. En este mismo



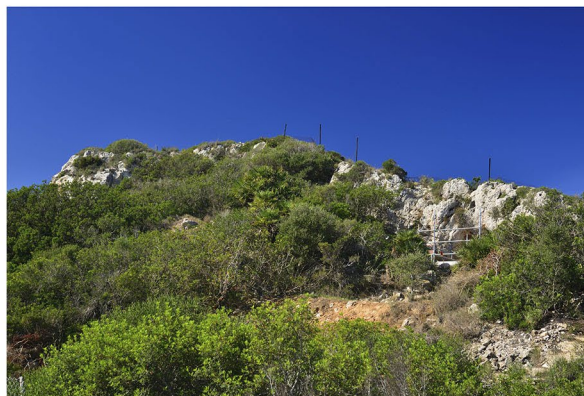
a



b



c



d

Figura 1: a-b: Localización del yacimiento; c: planta del yacimiento con la ubicación de la cuadrícula en el Sector A; d: vista de la boca de la cueva (andamio)

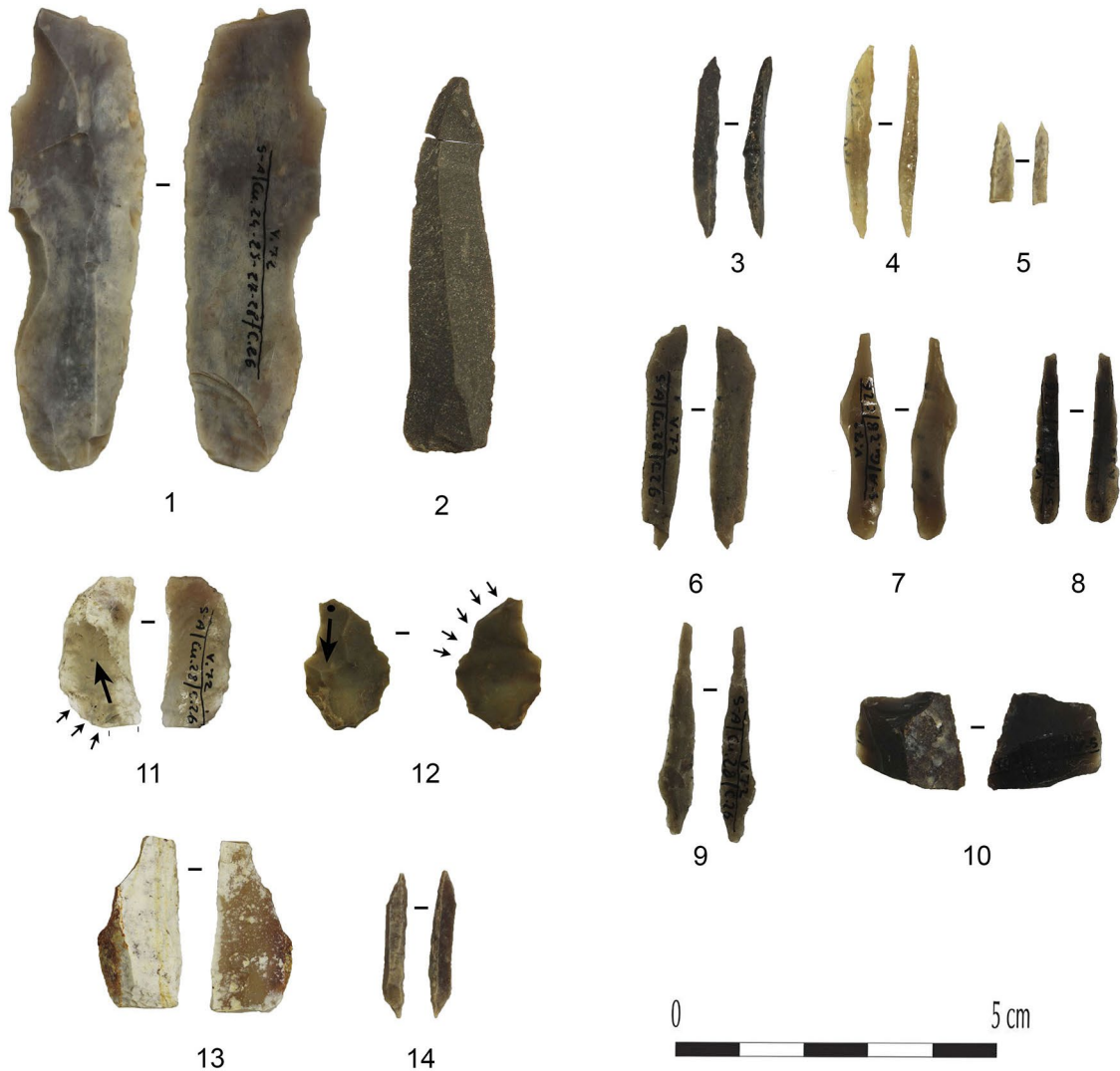


Figura 2: Materiales líticos asociados a la pieza. 1-2: láminas; 3-5, 14: laminitas de dorso; 6-9: laminitas; 10: raspador-truncadura; 11-12: buriles-núcleos con preparación; 13: lasca retocada

cuadro y capa se recuperaron una serie de restos líticos. Se trata de pocos elementos: una lámina (Fig. 2: 2), un resto de talla, dos puntas dobles y un fragmento de laminita de dorso (Fig. 2: 3-5), que probablemente sería muy similar originalmente a las puntas recuperadas completas. Los elementos de dorso completos tienen dimensiones parecidas, que se sitúan en torno a los 30 mm de largo, 3,5 mm de ancho y entre 2-3 mm de espesor. Las medidas de la pieza fragmentada en cuanto a anchura y espesor entrarían también dentro de los rangos mencionados. Se ha observado el material procedente de la capa 26 de varios de los cuadros adyacentes. De esta revisión de materiales, cabe destacar una serie de laminitas estrechas y largas, que servirían como soporte para la configuración de las puntas de dorso (Fig. 2: 6-9). También se ha recuperado un fragmento de lámina espesa truncada (Fig. 2: 10), así como dos lascas con retoques en uno de los laterales y extracciones, a partir de estas, en el otro lateral, que quedarían también reflejadas en la cara dorsal (Fig. 2:

11-12). Otro elemento destacable sería una lámina con huellas de uso y una fractura en lengüeta en la cara ventral en la zona proximal (Fig. 2: 1). Todo esto cuadraría bien dentro del panorama *Kostienki* definido por algunos autores (Klaric *et al.*, 2015). Por último, se han observado las capas inmediatamente inferiores del cuadro 22 y de los adyacentes. Existen, como ocurría ya en la capa 26, pocos elementos líticos asociados, de los cuales solo destacan dos piezas. Un elemento retocado que podría ser un apuntado fracturado (Fig. 2: 13), y otra punta doble (Fig. 2: 14). La observación de estas dinámicas tecnológicas y tipológicas sitúa el macroútil en un contexto Gravetiense.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

La pieza analizada es una caliza arcillosa de aspecto compacto y blando, que presenta una morfología alargada, con extremos redondeados y sección

redondeada-achatada. Se recuperó fracturada en tres partes, pero la pieza completa mide 19,43 cm de largo, 4,16 cm de ancho y 4,79 cm de grosor. La superficie muestra una coloración marrón-rojiza y se distinguen huellas de uso visibles a nivel macroscópico. En determinados puntos, como en las secciones transversales entre fragmentos y en las zonas asociadas a la pérdida de material, la superficie aparece blanquecina. Para la determinación de la ubicación precisa tanto de las huellas de uso como de los puntos de análisis químicos, se diferencian tanto los fragmentos como diferentes partes de ellos: caras y laterales (Fig. 3).

### 3.1. ANÁLISIS DE LAS HUELLAS DE USO

Para la observación del desgaste de uso se ha utilizado un microscopio binocular estereoscópico de baja potencia (máx. 50X), y para su descripción nos hemos centrado en varios aspectos de acuerdo con la literatura de desgaste de uso (González e Ibáñez, 1994).

Así, definimos las estrías como trazos lineales cuya formación podría estar relacionada con la presencia de algún elemento abrasivo. Identificamos como piqueados los trazos puntiformes o líneas muy cortas y profundas que podríamos asociar a un contacto puntual y breve con otro material. Consideramos la presencia de lustre cuando la superficie de la pieza aparece brillante. Su formación es consecuencia de la fricción con otro material. Nos referimos a los elementos que no forman parte originalmente de la materia prima como residuos. Por último, la pérdida de material se define como la observación de un cambio en la morfología de una zona, vinculado a un uso intensivo de la misma.

La observación de las fracturas indica el abandono de la pieza, y probablemente estén relacionadas con las circunstancias de la recuperación en el proceso de excavación. Se trata de fracturas frescas, en las que no se observa alteración postdeposicional, lo que implica su integridad en el momento de su recuperación. También hemos establecido otros criterios de análisis adaptados a la particularidad del objeto que nos han ayudado a conocer las tareas realizadas así como los gestos:

- Localización: cara y fragmento donde aparecen las huellas de uso.
- Orientación: en el caso de las estrías la orientación de su desarrollo.
- Asociación: observación en cada una de las caras y fragmentos si las diferentes huellas de uso aparecen juntas o no.
- Diacronía: observación de la cronología de las huellas de uso (es decir, solapamientos).

Se ha considerado interesante observar los procesos que generarían el desgaste de uso: abrasivo, fatiga, adhesivo y triboquímico (Adams *et al.*, 2009) asociándose a acciones concretas.



Figura 3: Imagen del macroútil con referencia de los fragmentos y las partes distinguidas para su análisis

### 3.2. ESTUDIO DE LA PROCEDENCIA DE LA MATERIA PRIMA

El análisis químico de la pieza nos proporcionó información sobre su naturaleza. A partir de estos datos se seleccionaron puntos de muestreo donde afloraban litologías comparables, siguiendo el mapa geológico (Ríos Aragües *et al.*, 1980). La figura 4 muestra la localización del yacimiento, así como de las zonas de muestreo. La zona está dominada por la sierra de Cullera (233 m), un relieve situado entre el litoral y la llanura valenciana, que pertenece al extremo sureste del sector valenciano del Sistema Ibérico, y que se caracteriza por una secuencia de niveles sedimentarios cretácicos que se asientan sobre estratos jurásicos que afloran discontinuamente en su base. A lo largo de toda la secuencia están presentes rocas carbonatadas como calizas, dolomías y margas (Ríos Aragües *et al.*, 1980; Pérez del Campo y de Zavala Morencos, 1982). Se recogieron ocho muestras en el punto denominado CAR, donde afloran dolomías y dolomías arcillosas. Las rocas muestreadas se caracterizan por un color entre blanquecino y marrón claro, con pocas manchas rojizas. Se recogieron 14 muestras en el punto MB, cinco muestras del punto PN y seis de CA (Fig. 4). Aquí la secuencia se caracteriza por la presencia de margas y calizas. El aspecto de las rocas de MB y CA es blanquecino, con algunas manchas rojizas y marrón claro,



Figura 4: Localización de los puntos de muestreo

respectivamente, mientras que el de las procedentes de PN es grisáceo, con aspecto muy compacto. Por último, como muestra de control, se recogió también una caliza blanquecina procedente de la Vall d'Albaida, a unos sesenta kilómetros del yacimiento.

### 3.3. ANÁLISIS QUÍMICO

La pieza y las muestras de materia prima han sido analizadas con pED-XRF y DRIFT. Los puntos de medida de la pieza se pueden observar en la figura 5.

#### 3.3.1. Espectroscopía de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva portátil (pED-XRF)

El análisis a través de pED-XRF se ha llevado a cabo con el objetivo de caracterizar, desde el punto de vista de los niveles elementales, las superficies que presentan manchas rojas y las superficies blancas, para observar las diferencias entre estas, así como para contrastar las concentraciones de elementos en la pieza con las de potenciales materias primas. Los puntos seleccionados de la pieza y las muestras de materia prima se analizaron directamente utilizando un S1 Titan pED-XRF de Bruker equipado con un tubo de rayos X Rh (50 kV) y un SDD X-Flash® (resolución: 147 eV; FWHM: 5,9 keV). Se empleó la aplicación Geochem-trace para medir Al, Si, K, Ca, Ti, Mn y Fe.

#### 3.3.2. Espectroscopía infrarroja de reflectancia difusa por transformada de Fourier (DRIFT)

El análisis de infrarrojo se ha llevado a cabo para determinar la naturaleza molecular de los compuestos de la pieza y de las muestras geológicas. Los espectros infrarrojos en la región comprendida entre 4000 y 650  $\text{cm}^{-1}$  se obtuvieron empleando un espectrómetro portátil 4300 FT-IR de Agilent equipado con un muestreador de reflectancia difusa. Cada espectro es la media de 50 barridos y se expresa como absorbancia ( $A = \log(1/R)$ ). La resolución espectral es de 4  $\text{cm}^{-1}$ . Se realizó un espectro de fondo empleando un material de referencia entre las mediciones y se sustrajo automáticamente.

#### 3.3.3. Análisis de los datos

El análisis de datos se realizó mediante R (versión: 4.1.2; R Core Team 2021). Se ha efectuado un análisis de componentes principales (ACP) de los puntos de medida de pED-XRF empleando las concentraciones de Al, Si, K, Ca, Ti, Mn y Fe como variables, previamente estandarizadas (Baxter, 1995). También se realizó un análisis cluster (AC) con las mismas variables y el método de conglomerados de enlace medio. Se construyó un segundo modelo de ACP para observar las similitudes y diferencias entre las materias primas recogidas y el artefacto. Se utilizaron como

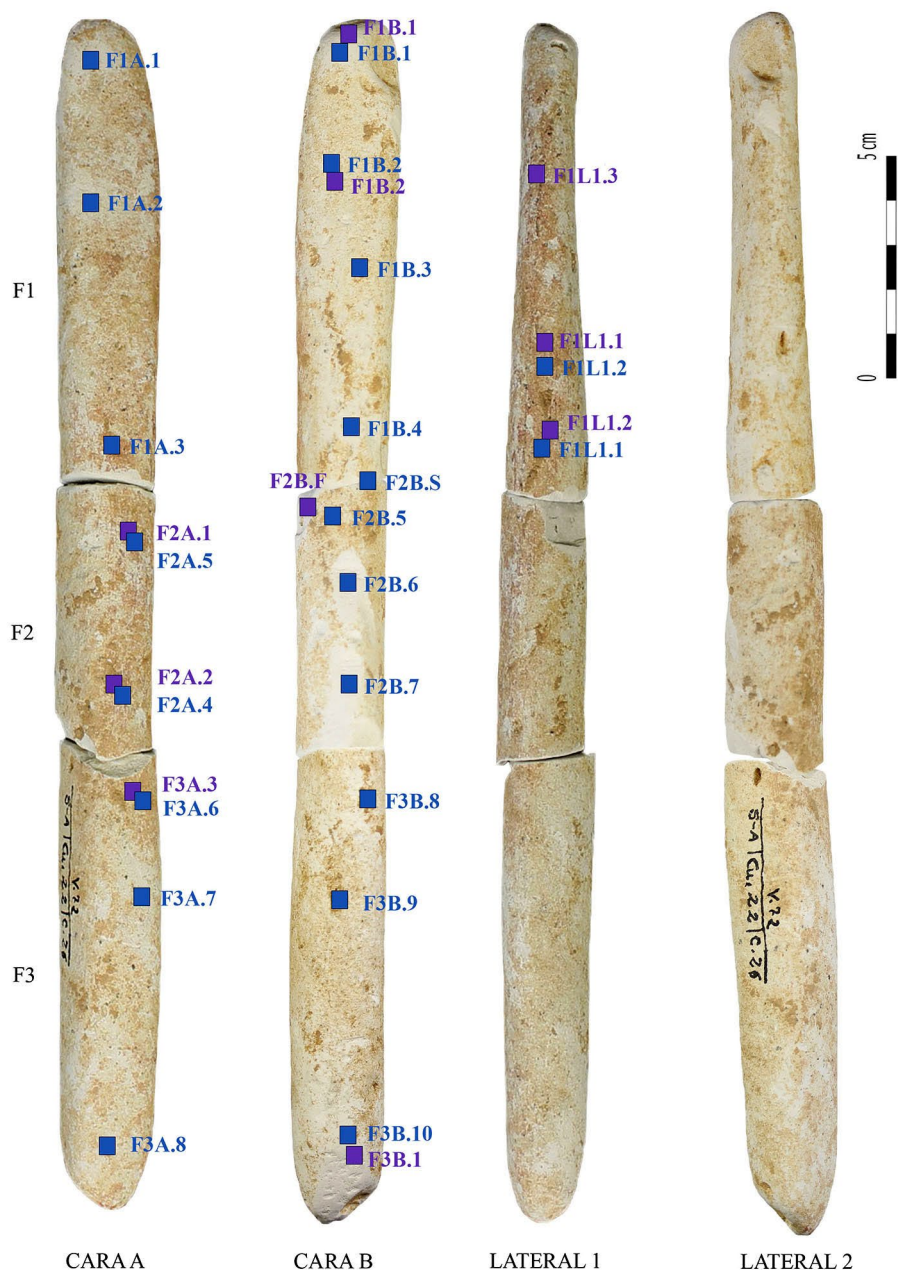


Figura 5: Puntos de análisis, con diferenciación de las analíticas aplicadas en cada uno de ellos. En azul los puntos analizados con pED-XRF, y en morado los puntos analizados con DRIFT

variables las concentraciones de Al, Si, Ca, Ti y Fe, previamente estandarizadas. Se construyó un modelo de análisis discriminante lineal (ADL) utilizando las muestras CAR y MB como conjunto de entrenamiento y los puntos del objeto como conjunto de prueba, y las puntuaciones PC1-2 como variables para inferir la posible procedencia del artefacto sobre la base del segundo ACP. Se utilizó el filtro Savitzky-Golay (orden polinómico: 2º; puntos: 7; derivada: 2º) para procesar los espectros DRIFT con el paquete «signal» (0.7-6; signal developers, 2013). Para la visualización de los datos se utilizaron los paquetes «factoextra» (versión: 1.0.7; Kassambara y Mundt, 2020) y «ggplot2» (versión: 3.3.3; Wickham, 2016).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. ANÁLISIS DE LAS HUELLAS DE USO

Las extremidades de la pieza aparecen redondeadas, y el aspecto general de la superficie de trabajo es liso, sin aristas vivas.

Atendiendo a las distinciones de fragmentos y partes de ellos, hemos observado diferencias en la presencia de las huellas de uso. El lustre se presenta tanto en la cara A como en el lateral 1. Las estrías aparecen en las caras laterales y en todos los fragmentos y se distribuyen longitudinalmente. Los piqueteados aparecen en ambas caras y en un lateral. Hay pérdida de material

Tipo de huellas de uso	Cara A			Cara B			Lateral 1			Lateral 2		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3
Residuos	X	X	X	X			X	X	X		X	X
Estrías	X	X	X	X			X	X	X		X	X
Lustre		X					X					
Piqueteados	Redondeados	X		X	X	X					X	
	Alargados	X			X	X	X					
Pérdida de material	X			x	X	X					X	

Figura 6: Tabla con las huellas de uso identificadas y su localización (F=fragmento)

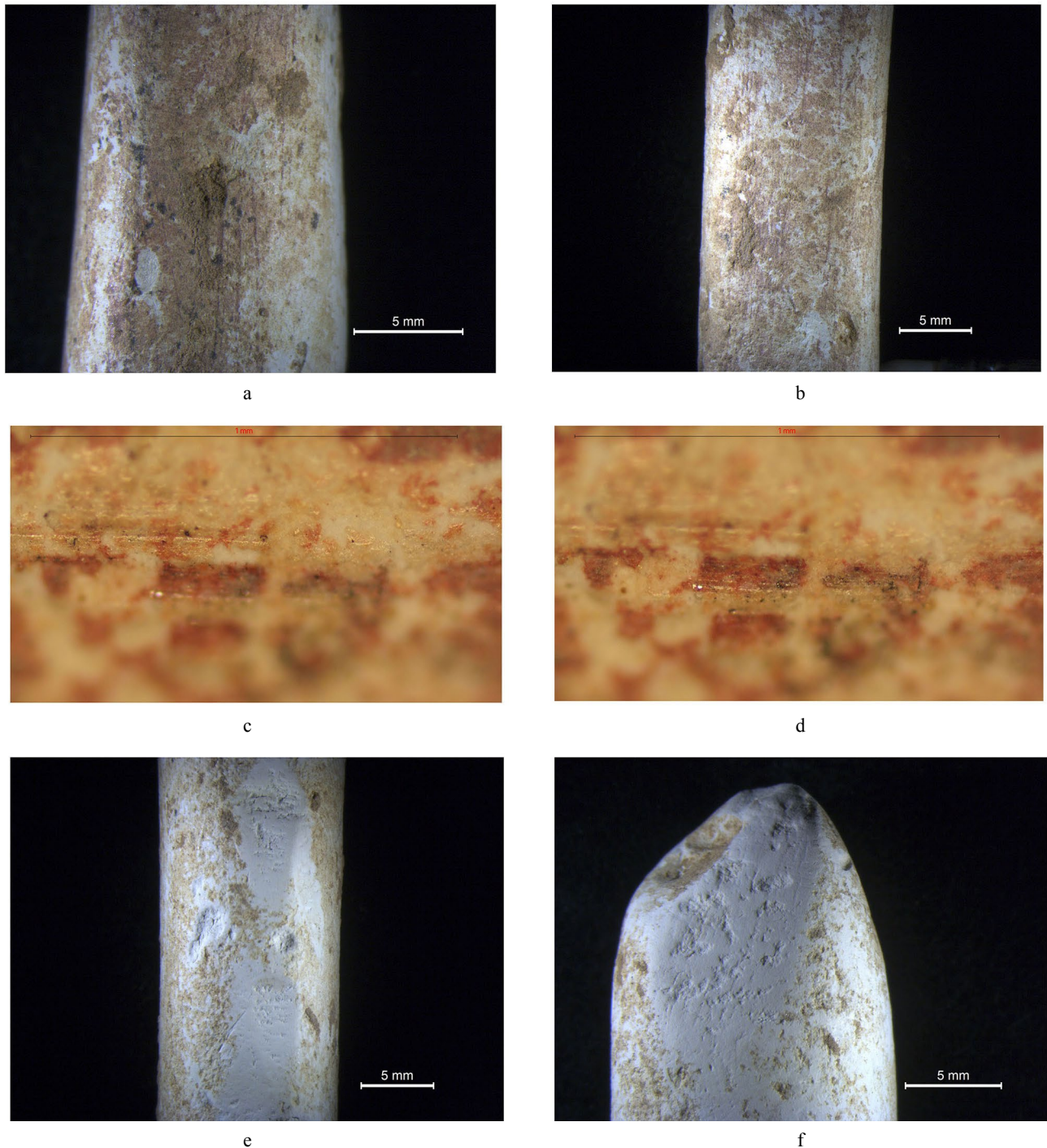


Figura 7: Imágenes de las huellas de uso: a-b: residuos y estrías; c-d: residuos, estrías y lustre; e-f: piqueteado y pérdida de materia prima



en dos caras y en el lateral 2. La presencia de residuos se registra en todas las caras y en todos los fragmentos. Si centramos estrictamente nuestra observación en los extremos, no hay huellas de uso diferentes a las que aparecen en el resto de la pieza.

Si nos fijamos en la localización y en la diacronía, se pueden distinguir dos agrupaciones de huellas de uso (Figs. 6 y 7). En la mayoría de los casos, las estrías están asociadas a la presencia de un color rojizo, que se encuentra en su interior (Fig. 7: a-b). Su origen podría estar ligado a mecanismos de abrasión, con la adhesión de pigmento y otros aditivos abrasivos que pudieran ser necesarios para el mejor desarrollo de la tarea. En algunas partes del artefacto, donde aparecen estrías y residuos, se puede observar la presencia de lustre, cuyo origen puede estar ligado a la reacción química que se produce durante la aplicación de los mecanismos asociados a las huellas de uso descritas (Fig. 7: c-d). Este lustre o pátina es potenciado por la energía de fricción. Esto significa que se genera a través de procesos de abrasión y adherencia. Por otro lado, existen zonas en las que se evidencia una pérdida de material, esto es, tanto en los proximales como distales, así como en algunas partes de la cara medial de la pieza. Cuando aparece esta característica, lo hace asociada a piqueteados, que se manifiestan con una morfología puntiforme o alargada (Fig. 7: e-f). Se trata de huellas de uso generadas por diferentes mecanismos tribológicos, es decir, procesos de fatiga. El origen de las huellas de uso observado corresponde a mecanismos tribológicos diferentes a los diferenciados para el primer grupo. Por lo tanto, es posible determinar un uso diverso de la pieza. Otra cuestión a destacar es el hecho que, la superposición de este segundo grupo de huellas a las que compondrían el primer grupo, evidencia que se han generado en la ejecución de una acción posterior.

El primer grupo de huellas de uso, lo vinculamos con tareas en las que el útil se mantiene posado, y proponemos su vinculación con tareas de pulido mediante la aplicación de tinte en una superficie blanda. Mientras que la presencia de piqueteados, que remiten a acciones con percusión lanzada, podría estar relacionada con el trabajo de un material que no sería excesivamente duro. Nuestra hipótesis es que se trata de una pieza utilizada para diferentes tareas quizás relacionadas con el mismo objetivo: el tratamiento de la piel. Estas tareas podrían ser, por un lado, el alisado y el teñido y, por otro, el tratamiento de los nódulos colorantes. La morfología estilizada y la fragilidad del material indicarían que se trata de una actividad aplicada a pequeños fragmentos de pieles, o tiras de cuero, es decir, sería una actividad que implicaría cierta precisión.

El hecho de que exista una asociación entre las estrías, el lustre y la presencia de residuos hace que nos decantemos por relacionar estas estrías con una tarea relacionada con el uso de la pieza, no con el proceso de configuración de la herramienta. Por otra parte, el hecho de que a este grupo se superponga el segundo grupo de huellas hace que descartemos su origen tafonómico.



Figura 8: Resultado de la fricción de una muestra geológica con una caliza

Durante la recogida de muestras geológicas no fue posible identificar volúmenes finos, alargados y de sección redondeada-aplanada similares al elemento analizado. Por el contrario, en los afloramientos esta materia prima se muestra con una morfología tabular y compacta, sin incluir volúmenes definidos ni comparables. En los intentos por replicar la morfología y dimensiones de la pieza con muestras geológicas no se ha logrado el objetivo, por la naturaleza deleznable, desagregada, de la materia prima. Las superficies son fácilmente modificables por simple frotación con una caliza, dando lugar a planos y formas redondeadas, produciendo un material pulverulento (Fig. 8). Esto evidencia la imposibilidad de conocer la morfología original de la pieza, y por tanto la imposibilidad de reproducir el proceso de modificación sufrido por la misma.

## 4.2. ANÁLISIS QUÍMICO

### 4.2.1. Análisis de multielementos

Se realizaron ACP y AC para explorar los resultados del análisis multielemental de los objetos y evaluar la presencia de diferencias entre las zonas. Los resultados del estudio pueden visualizarse en la figura 9, así como las concentraciones elementales medidas por pED-XRF para cada punto (Fig. 10).

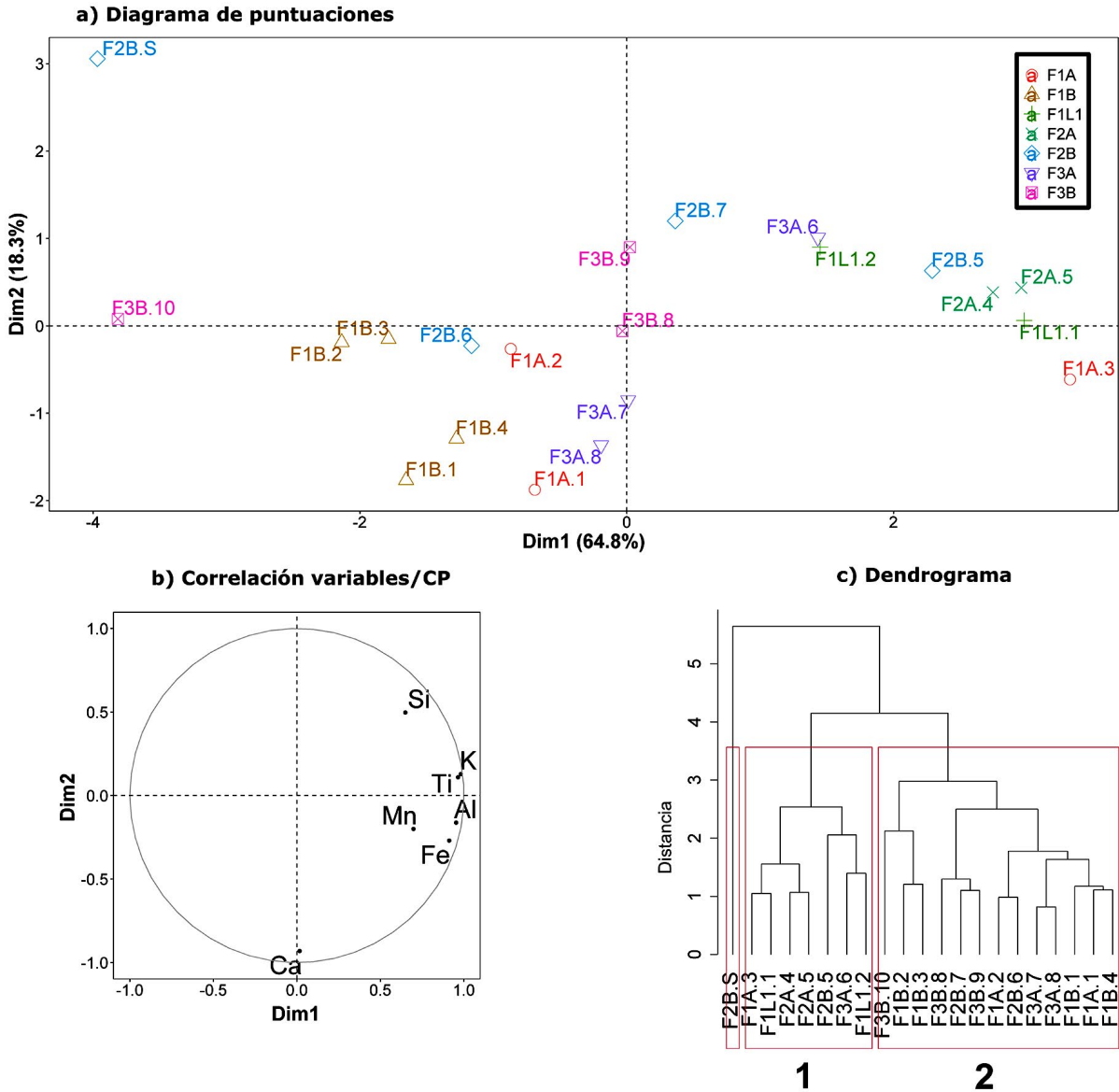


Figura 9: Análisis estadístico multivariado de la pieza. Datos del análisis con pED-XRF: diagrama de puntuaciones del ACP (a); correlaciones variables /CP (b); dendrograma con los resultados AC (c)

Las dos primeras PC explican el 83,1 % de la varianza total. El diagrama de puntuaciones (Fig. 9: a) y el gráfico de las correlaciones variables/CP (Fig. 9: b) muestran que los puntos se concentran a lo largo de PC1 de acuerdo principalmente con su contenido en Si, Al, K, Mn, Ti y Fe, con el cual se encuentran correlacionados positivamente, mientras que el punto de sección (F2B.S) cae aislado debido a la puntuación más alta en CP2 y se caracteriza por la segunda puntuación más baja en CP1. El AC puede apoyar la interpretación de ACP. En efecto, el dendrograma (Fig. 9: c) sugiere la presencia de dos grupos principales, a excepción del punto de sección F2B.S, que está alejado de los demás. El Grupo 1 se corresponde con los puntos de medida caracterizados por las puntuaciones más altas de CP1 (F1A.3, F2A.4-5, F1L1.1-2, F2B.5, F3A.6) mientras que todos los demás puntos se agrupan con el Grupo

2. Podemos observar que, excepto F3B.8-9, los puntos caracterizados por la presencia de manchas rojizas pertenecen al grupo de muestras caracterizadas por una CP1 alta (Grupo 1) y tienen una concentración más alta de los elementos correlacionados con esta CP que el Grupo 2 (Fig. 11). Las muestras del Grupo 2 tienen concentraciones de Ca sólo ligeramente superiores a las del Grupo 1. Cabe destacar que el punto de sección (F2B.S) presenta las concentraciones más bajas para todos los elementos excepto para el SiO<sub>2</sub>, que se encuentra en el rango observado y ligeramente por encima de la media (24,41 % para 22,42 ± 5,16 %). Las características químicas y macroscópicas de los dos grupos de puntos sugieren que el enriquecimiento superficial en los elementos correlacionados positivamente con CP1 podría haber sido causado por factores externos, ya sean antrópicos o naturales.

Punto	Al	Si	K	Ca	Ti	Mn	Fe
F1A.1	1,96	7,63	0,23	28,15	0,06	0,03	0,96
F1A.2	1,76	10,78	0,2	23,75	0,06	0,02	0,91
F1A.3*	3,6	12,04	0,58	23,62	0,12	0,04	1,27
F2A.4*	3,14	13,83	0,54	21,82	0,12	0,03	1,16
F2A.5*	3,29	12,41	0,61	20,79	0,13	0,02	1,2
F3A.6*	2,63	10,81	0,47	17,66	0,12	0,03	0,9
F3A.7	2,31	10,44	0,27	25,89	0,07	0,03	0,76
F3A.8	2,44	9,1	0,26	27,18	0,07	0,03	0,82
F1B.1	1,84	6,94	0,15	28,32	0,06	0,02	0,74
F1B.2	1,56	7,32	0,08	20,52	0,05	0,03	0,57
F1B.3	1,75	7,85	0,16	21,57	0,06	0,02	0,64
F1B.4	1,53	9,18	0,16	27,45	0,06	0,03	0,83
F2B.S	0,27	11,41	< LD	11,66	0,02	0,01	0,31
F2B.5*	2,41	11,43	0,51	18,37	0,12	0,05	0,88
F2B.6	1,52	11,14	0,17	24,83	0,07	0,02	0,72
F2B.7	2,41	14,55	0,35	20,72	0,08	0,02	0,75
F3B.8	2,4	12,68	0,29	25,02	0,08	0,02	0,78
F3B.9	2,28	12,18	0,34	20,67	0,09	0,02	0,73
F3B.10	0,66	5,26	< LD	19,38	0,03	0,02	0,46
F1L1.1*	3,14	12,4	0,53	20,98	0,12	0,04	1,18
F1L1.2*	2,37	10,74	0,4	16,61	0,11	0,04	0,96

Nota: Concentraciones expresadas como porcentaje. < LD: por debajo del límite de detección.

Figura 10: Resultados de los análisis pED-XRF de los diferentes puntos del objeto

Grupos	Al	Si	K	Ca	Ti	Mn	Fe
F2B.S	0,27	11,41	ND	11,66	0,02	0,01	0,31
Grupo 1	2,9 ± 0,5	11,9 ± 1,1	0,52 ± 0,07	19 ± 2	0,12 ± 0,01	0,04 ± 0,01	1,08 ± 0,16
Grupo 2	1,9 ± 0,6	10 ± 3	0,22 ± 0,09	23 ± 3	0,06 ± 0,02	0,02 ± 0,01	0,71 ± 0,11

Nota: las concentraciones se expresan en porcentaje de masa; ND: no determinado.

Figura 11: Tabla con las concentraciones elementales de los principales grupos

#### 4.2.2. Espectroscopía infrarroja

Todos los espectros DRIFT son muy similares y presentan características comunes (Fig. 12: a). En particular, muestran mayoritariamente bandas anchas no resueltas. Así pues, para interpretar los resultados de la espectroscopía infrarroja, se consideraron también los espectros de la segunda derivada (Fig. 12: b), aunque las regiones anchas se caracterizan por una baja relación señal-ruido.

La presencia de carbonatos está claramente indicada por características de  $\sim 2880$ ,  $\sim 2520$  y  $\sim 1798$   $\text{cm}^{-1}$ , siendo la última típica de la calcita (De Lorenzi Pezzolo *et al.*, 2018). Cabe destacar que la banda cerca de  $1798$   $\text{cm}^{-1}$  es más intensa en la mayoría de los puntos blancos (F1B.1-2, F3B.1) que en los rojizos, lo que indica que estos tienen probablemente mayores cantidades de calcita. Pequeñas bandas a  $\sim 1960$  (derivada) y  $\sim 1880$   $\text{cm}^{-1}$ , y rasgos cercanos a  $870$   $\text{cm}^{-1}$  también pueden atribuirse a la calcita (Chuckanov, 2013; Buti *et al.*, 2014; Seetha

y Velraj, 2019). El carbonato cálcico también tiene una banda ancha que alcanza un máximo en torno a  $1400$   $\text{cm}^{-1}$ , pero los espectros están muy distorsionados por el efecto Reststrahlen y la banda aparece como invertida (Ricci *et al.*, 2006). Las características entre  $\sim 3700$  y  $\sim 3100$   $\text{cm}^{-1}$  son atribuibles al estiramiento de O-H, tal vez debido al agua vinculada a la presencia de minerales de arcilla (Yeasmin *et al.*, 2017). Como sugieren también los espectros de segunda derivada, algunos puntos rojizos (F1L1.1-2) muestran un pico más acentuado en  $\sim 3620$   $\text{cm}^{-1}$  y la presencia de un hombro en torno a  $\sim 3700$   $\text{cm}^{-1}$  (F1L1.2-3, F2A.2, F3A.3). El doblete cerca de  $3700$  y  $3620$   $\text{cm}^{-1}$  es típico de los minerales del grupo del caolín (Russel y Fraser, 1994) aunque los espectros no son lo suficientemente claros como para hacer una atribución precisa. El amplio rasgo cóncavo cerca de  $1000$   $\text{cm}^{-1}$  presente en los puntos rojizos y en F1B.2 podría estar también marcando la presencia de minerales de arcilla mientras que el pequeño pico

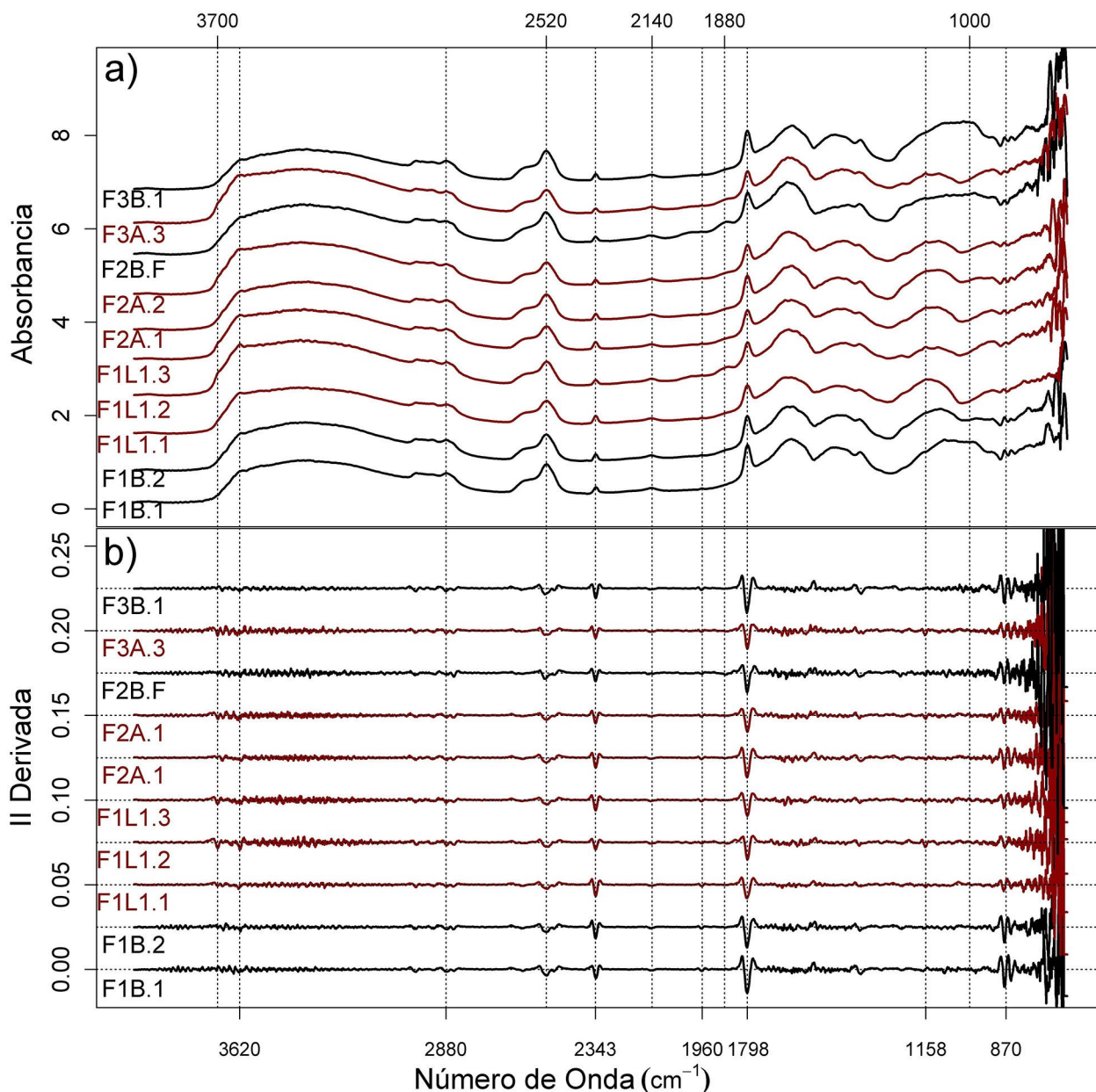


Figura 12: Absorbancia (a) y segunda derivada (b) espectros derivados espacialmente a partir del análisis de espectroscopía DRIFT

alrededor de  $1158\text{ cm}^{-1}$  en F1L1.2, F2A.2 y F3A.3 (ver también espectros de segunda derivada) probablemente evidencia la presencia de cuarzo (Hewson *et al.*, 2012). Los picos que aparecen en  $\sim 2343$  y  $\sim 2140\text{ cm}^{-1}$  suelen estar asociados a modos vibracionales O-C-O y C-O en  $\text{CO}_2$  (Vignoles *et al.*, 1988) y CO (Hadjiivanov *et al.*, 2007). Su presencia podría estar relacionada con carbonatos (Vignoles *et al.*, 1988; Galloway *et al.*, 2016) y minerales arcillosos (Krukowski *et al.*, 2015). La interpretación de los espectros entre  $800$  y  $650\text{ cm}^{-1}$  es problemática debido al ruido. Aunque debido a limitaciones del espectrómetro no haya sido posible detectar hematita, los filosilicatos podrían indicar la presencia de un material colorante obtenido a partir de una arcilla enriquecida con óxido de hierro (Hradil *et al.*, 2003; Čiuladienė *et al.*, 2018).

#### 4.2.3. Procedencia de la materia prima

Las materias primas potenciales se han analizado mediante pED-XRF. Los resultados de cada muestra se muestran en la figura 13.

Se realizó un ACP utilizando todos los puntos del artefacto y de las muestras geológicas (Fig. 14). El K y el Mn se excluyeron como variables ya que sus concentraciones están por debajo de los límites de detección para la mayoría de las materias primas potenciales.

Como puede observarse en el gráfico de puntuaciones (Fig. 14: a), las muestras del Grupo 1 son las más alejadas de las materias primas, debido a sus altos niveles de Al, Fe, Ti y Si (Fig. 14: b). Las del Grupo 2 se sitúan entre éstas y las de materia prima, más próximas a los afloramientos locales de CA y CAR.

Muestra	Procedencia	Al	Si	K	Ca	Ti	Mn	Fe
CA1.2	CA	0,75	1,23	< LD	28,6	0,01	< LD	0,14
CA1.3	CA	0,71	0,75	< LD	31,29	< LD	< LD	0,09
CA2.1	CA	0,83	1,48	< LD	29,67	0,02	< LD	0,14
CAR.1	CAR	0,34	0,78	< LD	18,84	0,01	< LD	0,26
CAR.2	CAR	0,58	0,93	< LD	20,84	0,02	< LD	0,25
CAR.3	CAR	0,50	0,73	< LD	15,56	0,01	0,01	0,18
CAR2.1	CAR	1,00	1,84	0,03	16,14	0,04	< LD	0,36
CAR2.2	CAR	0,68	1,51	< LD	18,22	0,03	0,01	0,56
CAR2.3	CAR	0,50	1,34	< LD	18,64	0,02	< LD	0,31
CAR2.4	CAR	1,17	1,92	< LD	17,83	0,04	< LD	0,45
CAR1R.1	CAR	0,59	1,28	< LD	19,11	0,02	< LD	0,25
MB1B.1	MB	1,61	3,93	0,21	24,48	0,06	< LD	0,44
MB1B.2	MB	1,42	3,24	0,26	22,61	0,05	< LD	0,33
MB1B.3	MB	1,24	2,84	0,11	28,93	0,04	< LD	0,39
MB1B.4	MB	1,02	1,96	< LD	25,55	0,03	< LD	0,27
MB1M.1	MB	0,70	1,68	0,04	25,05	0,03	< LD	0,29
MB1M.2	MB	1,13	2,53	< LD	29,74	0,04	< LD	0,35
MB1M.3	MB	1,18	2,85	< LD	29,9	0,04	< LD	0,35
MB1T.1	MB	1,10	2,85	0,08	27,48	0,05	< LD	0,5
MB1T.2	MB	1,19	2,51	< LD	26,6	0,03	< LD	0,3
MB1T.3	MB	0,84	1,79	< LD	23,91	0,02	< LD	0,22
MB2.1	MB	0,86	2,03	< LD	22,92	0,03	< LD	0,31
MB2.2	MB	1,19	2,73	0,05	29,46	0,04	0,01	0,35
MB2.3	MB	1,34	3,1	0,11	26,68	0,05	< LD	0,42
MB2.4	MB	0,98	2,04	< LD	28,9	0,03	< LD	0,28
MC1.1	MC	0,25	0,6	< LD	20,18	0,01	< LD	0,12
MC2.1	MC	< LD	0,76	< LD	16,51	0,01	0,01	0,14
MC2.2	MC	0,65	1,29	< LD	24,75	0,02	< LD	0,21
MC3.1	MC	0,41	1,35	< LD	27,73	0,02	< LD	0,26
PN1.1	PN	0,65	0,76	< LD	33,54	0,01	< LD	0,12
PN1.2	PN	0,96	0,98	< LD	32,56	0,02	< LD	0,15
PN1.3	PN	0,72	0,91	< LD	29,41	0,01	0,01	0,12
PN1.4	PN	0,99	1,34	< LD	32,04	0,02	< LD	0,14
PN1.5	PN	0,94	1,4	< LD	30,18	0,01	< LD	0,14

Nota: Concentraciones expresadas como porcentaje. < LD: por debajo del límite de detección.

Figura 13: Resultados de los análisis pED-XRF de las muestras de materia prima

Cabe destacar que CAR y MB pueden discriminarse en el eje PC2 debido a los mayores niveles de Ca en las muestras del último afloramiento, ya que MB se caracteriza por la presencia de niveles sedimentarios calizos, mientras que CAR por dolomías (Ríos Aragües *et al.*, 1980). A excepción de F3B.10 y F2B.S, la mayoría de los puntos del Grupo 2 tienen puntuaciones PC2 más próximas a las de MB. El modelo ADL empleando PC1 y PC2 como variables, y CAR y MB como conjunto de datos de entrenamiento, y los de la herramienta como conjunto de datos de prueba confirma que los datos de la mayoría de los puntos de

la herramienta son más similares a la roca aflorante en MB (Fig. 15).

Observando los espectros DRIFT para los puntos del artefacto y las muestras de MB y CAR (Fig. 16), debe notarse que los espectros para las muestras de MB son más similares a los del artefacto, aunque algunas diferencias podrían estar determinadas por las contaminaciones de la superficie de la pieza. En particular, cabe destacar que, en las muestras de CAR, algunas bandas de carbonato (~2880, ~2520 y ~1978 cm<sup>-1</sup>) están desplazadas a números de onda más altos que en las de MB y en los extremos del artefacto, lo que podría estar

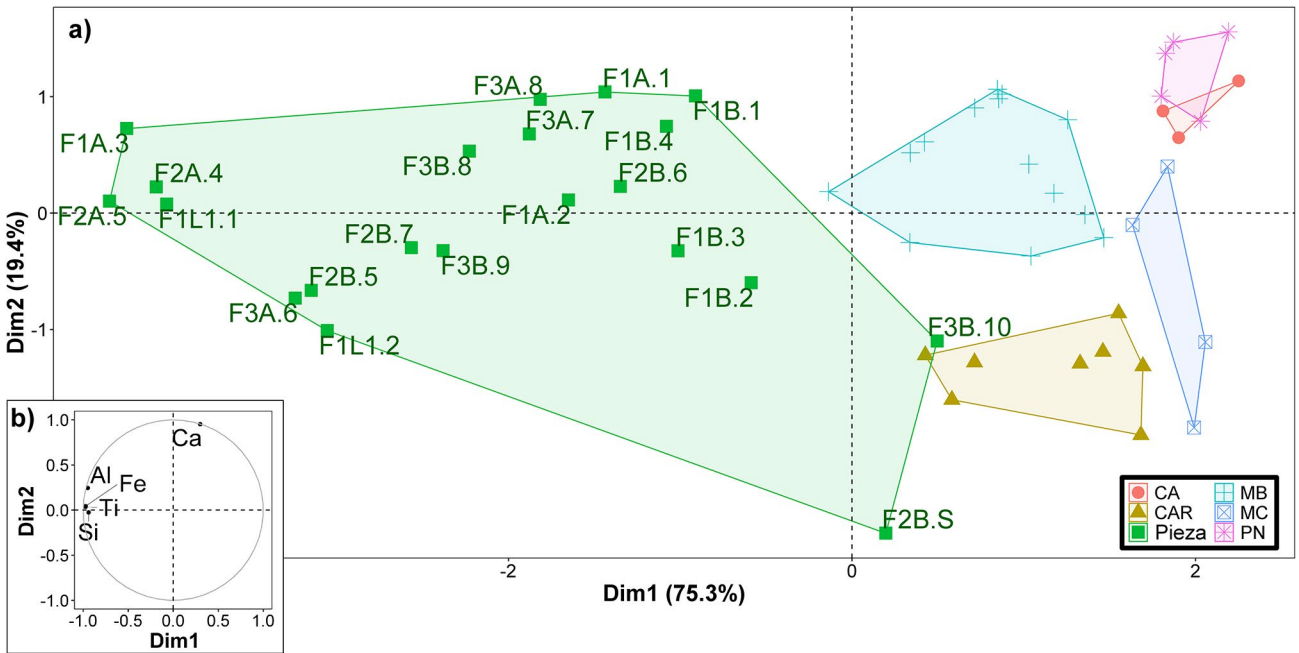


Figura 14: Diagrama de puntuaciones del ACP (a) y plot con las correlaciones variables/ CP (b) de los puntos del objeto y de las muestras de materia prima

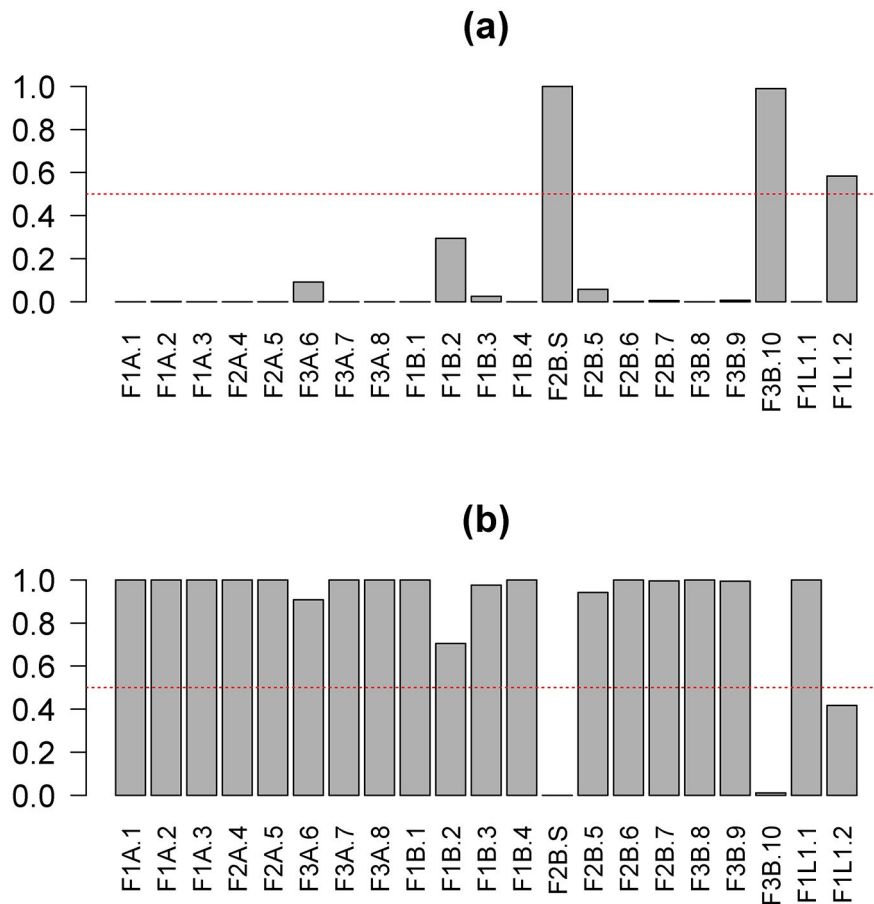


Figura 15: Análisis Linear Discriminante. Probabilidad de que los puntos medidos en el objeto pertenezcan a CAR (a) o MB (b) empleando el análisis discriminante lineal (ADL)

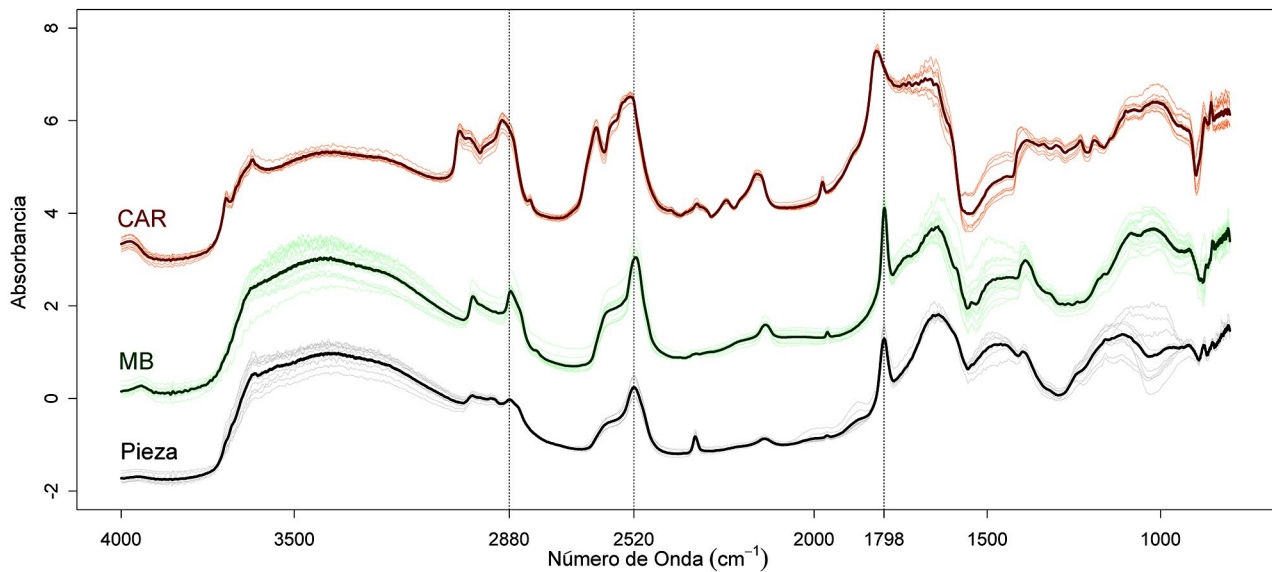


Figura 16: Puntos de los espectros y espectros medios (línea ancha) y muestras CAR y MB (los espectros desplazados espacialmente se preprocesaron mediante una variante normal estándar, SNV)

determinado por la elevada cantidad de dolomita en la roca de CAR (De Lorenzi Pezzolo *et al.*, 2018).

## 5. DISCUSIÓN

Las tecnologías relacionadas con las herramientas macrolíticas son las más antiguas que se pueden rastrear. Son anteriores a la industria lítica tallada, y se mantienen a lo largo de toda la Prehistoria, proporcionando un elemento de análisis de los grupos humanos desde sus orígenes. Además, hay estudios que han indagado en la correlación entre la tecnología de las herramientas líticas y el lenguaje (Stout y Chaminade, 2011). Así, prestar atención a las herramientas macrolíticas abre una vía para entender la evolución tecnológica y quizás cognitiva de los grupos humanos desde los inicios de nuestra especie. Este tipo de objetos, poco abundantes en los conjuntos líticos, ofrecen información importante sobre las actividades que pasan desapercibidas en el registro arqueológico. Además, su estudio ha llevado incluso a cuestionar ciertos paradigmas tradicionales. Por ejemplo, el uso de la molienda para la obtención de harina es una actividad que se ha asociado tradicionalmente al Neolítico, no obstante, estudios recientes de herramientas macrolíticas han revelado la existencia de esta tecnología ya en el Paleolítico superior (Aranguren *et al.*, 2007; Aranguren *et al.*, 2012; Revedin *et al.*, 2010). Con todo ello, la tendencia que se puede establecer es que inicialmente el uso de estos objetos se limita a tareas de percusión. Sin embargo, en épocas prehistóricas más avanzadas, estos objetos se utilizan para trabajos mucho más diversos y precisos. En la pieza que presentamos, las características de las huellas de uso, su localización, así como su morfología general,

remiten a una categoría de macrouillaje que de Beaune (2000) vincula con un uso tanto en tareas de percusión lanzada como posada. En algunos trabajos, los bordes redondeados y la presencia de brillo (lustre) en los macroútiles se han considerado como rasgos relacionados con la elaboración de la piel (Adams, 1988; de Beaune, 1989; Cristiani *et al.*, 2012). Las hipótesis planteadas a partir de la observación de los objetos arqueológicos se han visto reforzadas por los trabajos experimentales (Hammon, 2008). Los objetos utilizados para el ablandamiento de la piel en estos estudios muestran también la presencia de un brillo macroscópico y un alisamiento de los bordes. La observación en el registro arqueológico de ocre asociado a estas huellas de uso ha planteado la posibilidad de que se trate de un elemento que intervendría en las tareas para las que se utilizarían estos objetos (Dubreuil, 2002; González e Ibáñez 2002; Hamon y Plisson, 2009; Cristiani *et al.*, 2012; Dubreuil y Savage, 2014). La incorporación de este material a estas tareas concretas se ha relacionado con sus propiedades antisépticas (Audoín y Plisson, 1982; González e Ibáñez, 2002), cualidad corroborada en los trabajos experimentales anteriormente citados. La adición de este mineral en el proceso de experimentación habría creado estrías densas que seguirían la dirección utilizada en el desarrollo de la tarea.

No se han recuperado herramientas en yacimientos de la península ibérica con características que puedan asociarse a las descritas en este trabajo. Algunos elementos aparecen en el norte de la península ibérica, en contextos también relacionados con el Paleolítico superior (de Beaune, 1997). Por ejemplo, en el yacimiento de Isturiz, vinculado a ocupaciones gravetienses y magdalenenses, en los niveles magdalenenses de Berroberria y en otros yacimientos europeos con

niveles gravetienses. Todos estos materiales presentan las características antes mencionadas: bordes redondeados y superficies brillantes, huellas de uso similares y algunos presentan también restos de colorante rojo.

Además, debió de ser un bien valioso para sus usuarios ya que, a pesar de su fragilidad, llegó bien conservado hasta su abandono. Las fracturas que presenta pueden estar relacionadas con su recuperación en el momento de la excavación. El análisis químico aplicado a los artefactos arqueológicos líticos ha permitido en otros estudios definir las posibles fuentes de aprovisionamiento y, por tanto, establecer el radio de movilidad de los grupos para la obtención de materias primas en el área mediterránea ibérica (Schmich y Wilkens, 2008; Prudêncio *et al.*, 2015; Gallelo *et al.*, 2016; Roldán *et al.*, 2016; Aura *et al.*, 2020; Ramacciotti *et al.*, 2019; 2022). Sin embargo, aquí se realiza por primera vez un análisis de procedencia en una herramienta macrolítica. En el caso del material estudiado, los análisis han permitido observar una semejanza entre el artefacto y una roca aflorante en los alrededores del sitio (MB), sugiriendo una posible procedencia local de la materia prima. Existen algunas diferencias relacionadas con los niveles de algunos elementos químicos de las muestras geológicas recogidas, quizás causadas por el propio uso del objeto y los procesos postdeposicionales, factores que afectan a niveles elementales debido a la naturaleza del material estudiado, una roca caliza (Caple, 2004; Straulino *et al.*, 2013).

## 6. CONCLUSIONES

En este estudio se pone de manifiesto el papel del macroustillaje para la reconstrucción de las actividades que tuvieron lugar en los yacimientos paleolíticos, y las estrategias asociadas que muchas veces no dejan huella en el registro arqueológico. Se propone para el estudio de estas piezas una metodología no destructiva que integra el análisis de las huellas de uso y el químico. El caso analizado evidencia que la aplicación de los análisis químicos no destructivos en herramientas macrolíticas permite reforzar las hipótesis desarrolladas a partir de la observación de las huellas de uso.

Las características morfológicas de la pieza sugieren una modificación significativa de su aspecto original, y el análisis multielemental y la espectroscopía DRIFT muestran que las zonas blancas son más ricas en Ca y calcita, sugiriendo que estas áreas han sido menos afectadas por el uso y que por tanto se detectan menos cambios a nivel de la composición química. Este dato nos informa de modificaciones químicas de la superficie relacionadas con el uso y no con la conservación de la herramienta, ya que si esto fuera así afectaría a toda la pieza por igual. Debido a las particularidades de la materia prima, se planteó el estudio para su caracterización y determinación de su origen. Los datos elementales han determinado que se

trata de una caliza arcillosa, posiblemente de procedencia local.

Sus bordes muy redondeados y el aspecto general liso y sin aristas serían el resultado del contacto con una superficie blanda. La distinción de dos agrupaciones diferentes de huellas de uso indicaría su utilización en diversas tareas, aunque todas ellas relacionadas con un mismo objetivo que sería el procesado de pieles. En concreto, asociamos este útil al final de la cadena operativa de este procesado, al pulido/ablandamiento o el teñido, una vez retirada la carne y seca la piel. Las características dimensionales y la densidad de la pieza sugieren un uso en trabajos de detalle, tal vez aplicado a pequeñas piezas de piel, como tiras. Los resultados del desgaste de uso y los análisis químicos indican que esta tecnología de trabajo de la piel implicaría además la adición de otro elemento, como el ocre.

## REFERENCIAS

- Adams, J. (1988). Use-wear on manos and hide-processing stones. *Journal of Field Archaeology*, 15, 207-316. <https://doi.org/10.2307/530311>
- Adams, J., Delgado, S., Dubreuil, L., Hamon, C., Plisson, H y Risch, R (2009). *L'utilisation préhistorique de matières premières lithiques alternatives. Anciens préjugés, Nouvelles perspectives*. BAR International Series, 1939. Oxford: BAR Publishing.
- Aranguren, B., Becattini, R., Mariotti Lippi, M. y Revedin, A. (2007). Grinding flour in Upper Palaeolithic Europe (25,000 years bp). *Antiquity*, 8, 845-855. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00095946>
- Aranguren, B., Longo, L., Mariotti Lippi y M., Revedin, A. (2012). Evidence of edible plant exploitation. En J. Svoboda (Ed). *Pavlov. Excavations 2007-2011* (Chapter II.6). Brno: Academy of Sciences of the Czech Republic, Institute of Archaeology at Brno. <https://doi.org/10.13140/2.1.4798.2403>
- Arroyo, A., Hirata, S., Matsuzawa, T. y Torre, I. de la. (2016). Nut cracking tools used by captive chimpanzees (Pan troglodytes) and their comparison with Early Stone Age percussive artefacts from Olduvai Gorge. *Plos One*, 11(11), e0166788. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166788>
- Audoin, F. y Plisson, H. (1982). Les ocres et leurs témoins au Paléolithique en France: enquête et expériences sur leur validité archéologique. *Cahier du Centre de Recherches Préhistoriques*, 8, 33-80.
- Aura Tortosa, J. E. (1995). *El Magdalenense Mediterráneo: La Cova del Parpalló (Gandia, València)*. Trabajos Varios del SIP, 91. Valencia: Diputación Provincial de Valencia.
- Aura Tortosa, J. E., Gallelo, G., Roldán, C., Cavallo, G., Pastor, A. y Murcia-Mascarós, S. (2020). Characterization and sources of Paleolithic-Mesolithic ochre from Coves de Santa Maira (Valencian Region, Spain). *Geoarchaeology*, 36(4), 1-20. <https://doi.org/10.1002/gea.21821>



- Baxter, M. J. (1995). Standardization and transformation in principal component analysis, with applications to archaeometry. *Journal of the Royal Society Series C: Applied Statistics*, 44(4), 513-527. <https://doi.org/10.2307/2986142>
- Beaune, S. A. de. (1989). Essai d'une classification typologique des galets et plaquettes utilisés au Paléolithique. *Gallia Préhistoire*, 31, 27-64. <https://doi.org/10.3406/galip.1989.2264>
- Beaune, S. A. de. (1997). Les galets utilisés au Paléolithique supérieur. Approche archéologique et expérimentale. *Gallia Préhistoire, Supplément*, 32. Paris: Centre National de la Recherche Scientifique.
- Beaune, S. A. de. (2000). *Pour une archéologie du geste: Broyer, moudre, piler, des premiers chasseurs aux premiers agriculteurs*. Paris: Centre National de la Recherche Scientifique éditions.
- Bencomo Viala, M., Jardón Giner, P., Sirvent Cañada, L. M. y Hortelano Piqueras, L. (2020). Understanding woodworking in Paleolithic times by means of use-wear analysis. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 29, 102119. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.102119>
- Bicho, N., Marreiros, J. y Gibaja, J. F. (2015). Use-Wear and Residue Analysis in Archeology. Use-wear and residue analysis in archaeology. *Springer Science Reviews*, 2015, 1-4. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-08257-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-08257-8_1)
- Buonasera, T. Y. (2015). Modeling manufacturing costs, analyzing absorbed organic residues, and exploring social dimensions of milling tools. *Journal Archaeological Science*, 57, 335-344. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.03.018>
- Buti, D., Domenici, D., Miliani, C., Sáiz, C. G., Espinoza, T. G., Villalba, F. J.,... y Sgamellotti, A. (2014). Non-invasive investigation of a pre-Hispanic Maya screenfold book: the Madrid Codex. *Journal Archaeological Science*, 42, 166-178. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.08.008>
- Byrne, L., Ollé, A. y Vergès, J. M. (2006). Under the hammer: Residues resulting from production and microwear on experimental stone tools. *Archaeometry*, 48(4), 549-564. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2006.00272.x>
- Caple, C. (2004). Towards a benign reburial context: the chemistry of the burial environment. *Conservation and Management of Archaeological Sites*, 6(3-4), 155-165. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2202-010.1179/135050304793137801>
- Caricola, I., Zupancich, A., Moscone, D., Muti, G., Faluccci, A., Duches, R.,... y Cristiani, E. (2018). An integrated method for understanding the function of macro-lithic tools. Use wear, 3D and spatial analyses of an Early Upper Palaeolithic assemblage from North Eastern Italy. *PLoS One*, 13(12), e0207773. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207773>
- Caricola, I., Breglia, F., Larocca, F., Hamon, C., Lemorini, C. y Giligny, F. (2020). Prehistoric exploitation of mineral resources. Experimentation and use-wear analysis of grooved stone tools from Grotta della Monaca (Calabria, Italy). *Archaeological Anthropological Science*, 12, 259. <https://doi.org/10.1007/s12520-020-01219-7>
- Chukanov, N.V. (2013). *Infrared spectra of mineral species: extended library*. Springer Geochemistry/Mineralogy. Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7128-4>
- Čiuladienė, A., Luckutė, A., Kiuberis, J. y Kareiva, A. (2018). Investigation of the chemical composition of red pigments and binding media. *Chemija*, 29(4), 243-256. <https://doi.org/10.6001/chemija.v29i4.3840>
- Cristiani, E., Lemorini, C. y Dalmeri, G. (2012). Ground stone tool production and use in the Late Upper Palaeolithic: The evidence from Riparo Dalmeri (Venetian Prealps, Italy). *Journal of Field Archaeology*, 37, 34-50. <https://doi.org/10.1179/0093469011Z.0000000003>
- De Lorenzi Pezzolo, A., Colombi, M. y Mazzocchin, G.A. (2018). Where did Roman masons get their material from? A preliminary DRIFTS/PCA investigation on mortar aggregates from X Regio buildings in the Veneto area (NE Italy) and their potential sources. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(29), 28798-28807. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2202-0>
- Dubreuil, L. (2002). *Étude fonctionnelle des outils de broyage natoufiens: nouvelles perspectives sur l'émergence de l'agriculture au Proche-Orient*. (Tesis doctoral inédita). Université de Bordeaux I. Bordeaux.
- Dubreuil, L. y Savage, D. (2014). Ground stones: a synthesis of use-wear approach. *Journal of Archaeological Science*, 48, 139-153. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.06.023>
- Dubreuil, L., Savage, D., Delgado-Raack, S., Plisson, H., Stephenson, B. y Torre, I. de la. (2015). Current analytical frameworks for studies of use-wear on ground stone tools. Use-wear and residue analysis in archaeology. *Springer Science Review*, 2015, 105-158. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-08257-8\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-08257-8_7)
- Fortea, F. J. (1973). *Los complejos microlaminares y geométricos del epipaleolítico mediterráneo español*. Memoria del Seminario de Prehistoria y Arqueología, 4. Salamanca: Universidad de Salamanca.
- Gallelo, G., Orozco, T., Pastor, A., Guardia, M. de la y Bernabeu, J. (2016). Regional provenance of dolerite prehistoric objects through mineral analysis. *Microchemical Journal*, 124, 167-174. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2015.08.018>
- Galloway, B. D., MacDonald, R. A. y Padak, B. (2016). Characterization of sulfur products on CaO at high temperatures for air and oxy-combustion. *International Journal of Coal Geology*, 167, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2016.09.007>
- González Urquijo, J. E. e Ibáñez Estévez, J. J. (1994). *Metodología de análisis funcional de instrumentos tallados sílex*. Cuadernos de Arqueología 14. Bilbao: Universidad de Deusto.
- González Urquijo, J. E. e Ibáñez Estévez, J. J. (2002). The use of pebbles in Eastern Vizcaya between 12,000 and 10,000 BP. En H. Procopiu y R. Treuil (Eds.). *Moudre et Broyer, I, Méthode* (pp.69-80). Paris: Comité des travaux historiques et scientifiques.
- Hadjiivanov, K., Penkova, A. y Centeno, M. A. (2007). FTIR indication of CO interaction with O<sub>2</sub>-ions: A new adsorption form in the gap between chemi-and physisorbed CO.

- Catalysis Communications*, 8(11), 1715-1718. <https://doi.org/10.1016/j.catcom.2007.02.002>
- Hamon, C. (2008). Functional analysis of stone grinding and polishing tools from the earliest Neolithic of north western Europe. *Journal of Archaeological Science*, 35, 1502-1520. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2007.10.017>
- Hamon, C. y Plisson, H. (2009). Which analytical framework for the functional analysis of grinding stones? The blind test contribution. En L. Longo y N. Skakun (Eds.). «*Prehistoric Technology*» 40 Years Later: *Functional Studies and the Russian Legacy* (pp. 29-38). Verona: Museo Civico di Verona - Università degli Studi di Verona.
- Harmand, S., Lewis, J. E., Feibel, C. S., Lepre, C. J., Prat, S., Lenoble, A.,... y Roche, H. (2015). 3.3-million-year-old stone tools from Lomekwi 3, West Turkana, Kenya. *Nature*, 521(7552), 294-310. <https://doi.org/10.1038/nature14464>
- Hewson, R. D., Cudahy, T. J., Jones, M. y Thomas, M. (2012). Investigations into soil composition and texture using infrared spectroscopy (2-14 m). *Applied and Environmental Soil Science*, 2012, ID 535646. <https://doi.org/10.1155/2012/535646>
- Hradil, D., Grygar, R., Hradilová, J. y Bezdička, P. (2003). Clay and iron oxide in the history of painting. *Applied Clay Science*, 22, 223-236. [https://doi.org/10.1016/S0169-1317\(03\)00076-0](https://doi.org/10.1016/S0169-1317(03)00076-0)
- Kassambara, A. y Mundt, F. (2020). factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. *R package version 1.0.7*. <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>
- Krukowski, E. G., Goodman, A., Rother, G., Ilton, E. S., Guthrie, G. y Bodnar, R. J. (2015). FT-IR study of CO<sub>2</sub> interaction with Na<sup>+</sup> exchanged montmorillonite. *Applied Clay Science*, 114, 61-68. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2015.05.005>
- Klaric, L., Lev, S., Giria, Y. y Polanská, M. (2015). Couteau de Kostienki et lames aménagées par technique de Kostienki. Retour sur un malentendu historique. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 112(3), 421-474. <https://doi.org/10.3406/bspf.2015.14550>
- Pérez del Campo, P. y Zavala Morencos, L. de. (1982). Los primeros episodios de la sedimentación cretácica en el extremo suroriental del Sistema Ibérico. *Cuadernos Geología Ibérica*, 8, 411-429.
- Plisson, H. (1985). *Étude fonctionnelle d'outillages lithiques préhistoriques par l'analyse des micro-usures: recherche méthodologique et archéologique*. (Tesis doctoral inédita). Université de Paris I. Paris.
- Popelka-Filcoff, R. S., Robertson, J. D., Glascock, M. D. y Descantes, C. (2007). Trace element characterization of ochre from geological sources. *Journal of Radioanalytical Nuclear Chemistry*, 272(1), 17-27. <https://doi.org/10.1007/s10967-006-6836-x>
- Prudêncio, M. I., Roldán, C., Dias, M. I., Marques, R., Eixea, A. y Villaverde, V. (2015). A micro-invasive approach using INAA for new insights into Palaeolithic flint archaeological artefacts. *Journal of Radioanalytical Nuclear Chemistry*, 308, 195-203. <https://doi.org/10.1007/s10967-015-4294-z>
- Ramacciotti, M., Gallelo, G., Pastor, A., Diez Castillo, A. y García Puchol, O. (2019). Chert nucleus and cortex characterization for archaeological provenance study tested in the Prebaetic system region (Valencian community, Spain). *Lithic Technology*, 44(3), 166-180. <https://doi.org/10.1080/01977261.2019.1618043>
- Ramacciotti, M., García Puchol, O., Cortell Nicolau, A., Gallelo, G., Morales Rubio, A. y Pastor, A. (2022). Moving to the land: First archaeometric study of chert procurement at Cueva de la Cocina (Eastern Iberia). *Geoarchaeology*, 37, 544-559. <https://doi.org/10.1002/gea.21903>
- R Core Team (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Revedin, A., Aranguren, B., Becattini, R., Longo, L., Marconi, E., Lippi, M. M.,... y Svoboda, J. (2010). Thirty thousand-year-old evidence of plant food processing. *PNAS*, 107(44), 18815-18819. <https://doi.org/10.1073/pnas.1006993107>
- Ricci, C., Miliani, C., Brunetti, B. G. y Sgamellotti, A. (2006). Non-invasive identification of surface materials on marble artifacts with fiber optic mid-FTIR reflectance spectroscopy. *Talanta*, 69(5), 1221-1226. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2005.12.054>
- Ríos Aragües, L. M., Beltrán Cabrera, F. J., Zapatero Rodríguez, M. A., Goy Goy, J. L. y Zazo Cardeña, C. (1980). Mapa Geológico de España 1:50:000, hoja nº 747 (Sueca). Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.
- Roldán, C., Eixea, A., Villaverde, V., Murcia, S., Prudêncio, M. I., Dias, M. I. y Marques, R. (2016). Técnicas analíticas aplicadas al estudio de la composición y procedencia del sílex arqueológicos en la región central del mediterráneo español. *digitAR-Revista Digital de Arqueología Arquitectura e Artes*, 3, 23-30. [https://doi.org/10.14195/2182-844X\\_3\\_3](https://doi.org/10.14195/2182-844X_3_3)
- Russel, J. D. y Fraser, A. R. (1994). Infrared methods. En M. J. Wilson (Ed.). *Clay Mineralogy: Spectroscopic and Chemical Determinative Methods* (pp.11-67). Dordrecht: Springer Science & Business Media. [https://doi.org/10.1007/978-94-011-0727-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-011-0727-3_2)
- Signal developers (2013). *signal: Signal processing*. <http://r-forge.r-project.org/projects/signal/>
- Schmich, S. y Wilkens, B. (2006). Non-destructive identification and characterization of lithics from the Polop alto: A preliminary assessment using Proton Induced X-ray Emission (PIXE). En O. García Puchol y J. E. Aura Tortosa (Coords). *El Abric de La Falguera (Alcoi, Alicante). 8000 años de ocupación en la cabecera del Riu d'Alcoi*. Alcoy: Diputación Provincial de Alicante - Ayuntamiento de Alcoy.
- Stemp, W. J. y Stemp, M. (2003). Documenting stages of polish development on experimental stone tools: surface characterization by fractal geometry using UBM laser profilometry. *Journal of Archaeological Science*, 30, 287-296. <https://doi.org/10.1006/jasc.2002.0837>
- Stout, D. y Chaminade, T. (2012). Stone tools, language and the brain in human evolution. *Philosophical Transactions*

of the Royal Society B, 367, 75-87. <https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0099>

Straulino, L., Sedov, S., Michelet, D. y Balanzario, S. (2013). Weathering of carbonate materials in ancient Maya constructions (Río Bec and Dzibanché): Limestone and stucco deterioration patterns. *Quaternary International*, 315, 87-100. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.06.019>

Vadillo Conesa, M., Jardón Giner, P. y Aura Tortosa, J. E. (2019). Los cantos epipaleolíticos de coves de Santa Maira (Alicante): estudio funcional a partir de las marcas de uso y de la experimentación. *Zephyrus*, LXXXIII, 39-57. <http://dx.doi.org/10.14201/zephyrus2019833957>

Vignoles, M., Bonel, G., Holcomb, D. W. y Young, R. A. (1988). Influence of preparation conditions on the composition of type B carbonated hydroxyapatite and on the

localization of the carbonate ions. *Calcified Tissue International*, 43(1), 33-40. <https://doi.org/10.1007/BF02555165>

Wickham, H. (2016). *Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. New-York: Springer-Verlag New York. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24277-4>

Yeasmin, S., Singh, B., Johnston, C. T. y Sparks, D. L. (2017). Evaluation of pre-treatment procedures for improved interpretation of mid infrared spectra of soil organic matter. *Geoderma*, 304, 83-92. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.04.008>

Zupancich, A., Mutri, G., Caricola, I., Carra, M. L., Radini, A. y Cristiani, E. (2019). The application of 3D modeling and spatial analysis in the study of groundstones used in wild plants processing. *Archaeological Anthropological Science*, 11, 4801-4827. <https://doi.org/10.1007/s12520-019-00824-5>

